



TUGAS AKHIR - RE 141581

**OPTIMASI PENGGUNAAN AIR BERSIH PADA
INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN
METODE *FAULT TREE ANALYSIS*
(STUDI KASUS: PT ECCO TANNERY INDONESIA)**

Nadhilah Dhina Shabrina
NRP 3311 100 120

Dosen Pembimbing :
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.

Dosen Co. Pembimbing :
Ir. Didik Bambang S, MT.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - RE 141581

**WATER USAGE OPTIMIZATION LEATHER
TANNERY INDUSTRY WITH *FAULT TREE*
ANALYSIS METHOD
(CASE STUDY: PT ECCO TANNERY INDONESIA)**

Nadhilah Dhina Shabrina
NRP 3311 100 120

Adviser :
Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.

Co. Adviser :
Ir. Didik Bambang S, MT.

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

OPTIMASI PENGGUNAAN AIR BERSIH PADA INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN METODE *FAULT TREE* *ANALYSIS*

(STUDI KASUS: PT ECCO TANNERY INDONESIA)

TUGAS AKHIR


Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana
Pada

Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

NADHILAH DHINA SHABRINA
NRP 3311 100 120

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.
NIP. 19550128198503

Disetujui oleh Co-Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Didik Bambang S, MT.
NIP. 196307051992031001



SURABAYA, JANUARI 2015

OPTIMASI PENGGUNAAN AIR BERSIH PADA INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN METODE *FAULT TREE* ANALYSIS

(STUDI KASUS: PT ECCO TANNERY INDONESIA)

Nama Mahasiswa : Nadhilah Dhina Shabrina
NRP : 3311100120
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
MSc.

ABSTRAK

Salah satu industri yang banyak menggunakan air bersih dalam kegiatannya adalah industri penyamakan kulit. Studi dilakukan di PT ECCO Tannery Indonesia, Sidoarjo. Banyaknya jumlah air bersih yang digunakan pada industri ini dapat berdampak pada beberapa hal seperti semakin banyak jumlah limbah cair yang dihasilkan. Untuk itu diperlukan penggunaan air bersih secara optimal agar dapat memberikan solusi terhadap hal tersebut. Identifikasi dan analisis risiko pada unit proses produksi maupun pendukung kegiatan produksi, seperti area Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Identifikasi ini dilakukan terhadap jumlah penggunaan air bersih, dilakukan untuk mendapatkan pada kegiatan manakah penggunaan air dapat dioptimalkan.

Identifikasi dan analisis risiko menggunakan *fault tree analysis* (FTA) untuk mendapatkan prioritas optimasi. Hasil perhitungan kualitatif dan kuantitatif menggunakan FTA menunjukan prioritas optimasi ada pada area IPAL, dengan besaran probabilitas risiko sebesar 30% pada penggunaan air untuk pelarutan kapur, tawas dan polimer.

Selanjutnya dilakukan optimasi dengan uji dosis optimum ketiga bahan kimia tersebut. Dosis optimum dijadikan dasar untuk perhitungan kembali penggunaan air pelarut. Dosis yang baru untuk kapur adalah 3gr/L, tawas (10%) 4mL/L, dan polimer (0,01%) 0,8mL/L. Volume air digunakan perhari untuk pelarutan kapur sebesar 2,1 m³, tawas sebesar 1,4 m³ dan polimer sebesar

0,1 m³. Pelarutan untuk ketiga bahan kimia tersebut menghasilkan reduksi air sebesar 3,4m³ per hari, dari 7 m³ menjadi 3,6 m³.

Kata kunci: Air bersih, Analisis Risiko, *Fault Tree Analysis*, Optimasi

WATER USAGE OPTIMIZATION IN LEATHER TANNERY INDUSTRY WITH FAULT TREE ANALYSIS METHOD (CASE STUDY: PT ECCO TANNERY INDONESIA)

Name : Nadhilah Dhina Shabrina
NRP : 3311100120
Department : Environmental Engineering
Adviser : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem,
MSc.

ABSTRACT

An industry that uses big amount of water in their activities is leather tanning process industry. A Study done in ECCO Tannery Indonesia, Sidoarjo. Amount of water which is used in this industry will have serious adverse impacts on several things such as waste water mount. So, it was required the uses water optimally to find solutions of tahat case. The identification and risk analysis of the production unit process and production activities supporting unit, such as waste water treatment plant (WWTP). This identification will be done for the water amount that used, be carried out in order to get the activity which the used of water could be optimized.

The identification and analysis of risk using fault tree analysis (FTA) to get the priority optimization flags. The result of qualitative and quantitative count using FTA shows optimization priority is in WWTP area, with the risk probability value of 30 percent in the use of water for dilution of lime, alum and polymers.

After that, optimum dosage trial for those three chemicals. Optimum dosage as reference for calculating back the use of water solvent. New dosage of is lime is 3gr/L, alum (10%) is 4mL/L, and polymers (0.01 percent) is 0,8mL/L. Water volume used per day for dilution of lime is 2,1 m³, alum is 1,4 m³ and polymers is 0,1 m³. Dilution for those three chemicals reduced water 3,4m³ per day, from 7 m³ to 3,6 m³ for dilutions.

Key words: Water, Risk analysis, *Fault Tree Analysis*, Optimized

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Manajemen Penggunaan Air bersih	5
2.2 Risiko.....	5
2.2.1 Definisi risiko	5
2.2.2 Manajemen risiko	7
2.2.3 identifikasi Risiko.....	7
2.2.4 Analisis Risiko	8
2.2.5 Perhitungan Risiko	10
2.2.6 Evaluasi Risiko	11
2.3 Fault Tree Analysis (FTA).....	11
2.3.1 Definisi FTA.....	11
2.3.2 Tahapan FTA	12
2.3.3 Komponen FTA	13
2.3.4 Analisis FTA	15
2.4 Optimasi	21

BAB 3 METODE PENELITIAN	23
3.1 Umum.....	23
3.2 Kerangka Penelitian	23
3.3 Ide Penelitian.....	26
3.4 Studi Pustaka	26
3.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data Sekunder	26
3.6 Analisis dan Pembahasan	27
3.7 Optimasi	29
3.8 Kesimpulan dan Saran	29
BAB 4 PROFIL PERUSAHAAN	31
4.1 Gambaran Umum Perusahaan.....	31
4.2 Area Proses Produksi.....	32
4.3 Area Instalasi Pengolahan Air Limbah.....	37
BAB 5 PEMBAHASAN	39
5.1 Penentuan Kriteria Risiko	39
5.2 Fault Tree Analysis.....	46
5.2.1 Perhitungan Frekuensi dan Likelihood	49
5.2.2 Perhitungan Probabilitas	49
5.2.3 Penentuan Consequence	54
5.2.4 Pemetaan	56
5.3 Optimasi	58
5.4 Perhitungan Penggunaan Air Pelarut	64
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
6.1 Kesimpulan.....	67
6.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN A.....	73
LAMPIRAN B.....	75
LAMPIRAN C.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori dan interval nilai Likelihood	9
Tabel 2.2 Kategori dan interval nilai consequence	9
Tabel 2.3 Simbol kejadian	14
Tabel 2.4 Simbol gerbang	15
Tabel 2.5 Range cosequence dan likelihood	19
Tabel 2.6 Matriks kategori tingkatan risiko	20
Tabel 3.1 Matriks kategori tingkatan risiko	29
Tabel 5.1 Penggunaan Air Bersih Untuk Unit Produksi di Area Proses Produksi	41
Tabel 5.2 Bobot Penilaian Frkuensi Kejadian dan Frekuensi Proses	49
Tabel 5.3 Frekuensi risiko disebabkan oleh faktor penggunaan di area proses produksi	50
Tabel 5.4 Frekuensi Risiko Disebabkan Oleh Faktor Penggunaan Di Area IPAL	53

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Risiko, Ketidakpastian, dan	6
Gambar 2. 2 Desain diagram fault tree analysis.....	16
Gambar 2. 3 Diagram fault tree setelah diterapkan metode logical reduction.....	17
Gambar 3. 1 Kerangka Alur Penelitian	25
Gambar 4. 1 Lokasi PT ECCO Tannery Indonesia.....	32
Gambar 4. 2 Bagan instalasi pengolahan air limbah	38
Gambar 5. 1 Diagram Fault Tree Analysis 1	47
Gambar 5. 2 Diagram Fault Tree Analysis 2	48
Gambar 5. 3 Uji dosis optimum menggunakan jartes	60
Gambar 5. 4 Hasil jartes 6 sampel limbah.....	62

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu industri yang menggunakan air bersih dengan kuantitas yang besar adalah industri penyamakan kulit. Penggunaan tersebut membutuhkan investasi dan biaya operasional yang tinggi dalam pengelolaan limbahnya agar memenuhi standar (Monteiro *et al.*, 2009). Menurut *United Nation Industrial Development (2000b)* air yang dibutuhkan secara umum untuk proses penyamakan adalah 32.200L/ton sebagai berikut: untuk proses pengapuran, proses pembersihan kapur, proses pengasaman dan penyamakan sebesar 21.000 liter, proses pencucian, netralisasi, pewarnaan, dan peminyakan sebesar 11.200 liter.

Selain itu, berdasarkan hasil pengamatan langsung di PT ECCO Tannery Indonesia, penggunaan air bersih di industri kulit tidak hanya pada unit-unit proses yang langsung berkenaan dengan proses penyamakan. Penggunaan air bersih juga termasuk pada area Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang bersumber dari air tanah, yaitu digunakan untuk pelarutan bahan kimia pengolah limbah, pembersihan alat maupun pembersihan area produksi dan IPAL, dan kegiatan pertamanan, menyiram tanaman secara rutin. Data perusahaan menunjukkan bahwa penggunaan air di area IPAL perminggunya cukup besar. Hal tersebut juga menjadi perhatian dalam penggunaan air bersih di industri kulit ini.

Metode pengelolaan pencemaran dengan pengolahan limbah (*end of pipe*) sebagai pengelolaan lingkungan pada tahap akhir terbukti sangat mahal dan dianggap tidak cukup mampu menyelesaikan permasalahan lingkungan (Monteiro *et al.*, 2009). Melihat hal tersebut timbulah konsep pencegahan pencemaran atau lebih dikenal dengan *cleaner production* (produksi bersih). Produksi bersih sebagai strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu, dan terus menerus diterapkan pada proses produksi yang kemudian dapat menurunkan risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan (UNEP, 1991). Salah satu konsep dalam produksi bersih tersebut adalah

mengurangi kuantitas air limbah yang dihasilkan, yang dapat dicapai dengan mereduksi jumlah air bersih yang digunakan melalui penggunaan air yang lebih efisien (Bishop, 2000). Untuk itu diperlukan pengoptimalan penggunaan air bersih sebagai salah satu upaya pengelolaan lingkungan pada industri penyamakan kulit.

Optimasi dapat dicapai dengan mengatasi permasalahan yang paling mendasar terlebih dahulu. Permasalahan mendasar tersebut diperoleh dengan melakukan identifikasi dan analisis risiko. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk tahap identifikasi dan analisis risiko adalah *fault tree analysis*. Metode *fault tree analysis* (FTA) berfungsi untuk membantu memecahkan permasalahan yang terjadi, serta untuk memperoleh faktor penyebab risiko dari elemen yang paling dasar (Clemens, 1993; Frame, 2003). Selanjutnya optimasi dilakukan, ditujukan untuk memperbaiki elemen risiko yang diperoleh dari FTA.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas adalah:

1. Kegiatan apakah yang paling banyak menggunakan air bersih di industri kulit dalam prosesnya?
2. Berapa besaran risiko dari penggunaan air untuk kegiatan suatu industri penyamakan kulit?
3. Bagaimanakah mengoptimalkan penggunaan air bersih pada kegiatan di industri penyamakan kulit?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi pada area operasi industri kulit yang paling banyak menggunakan air bersih dalam prosesnya
2. Menganalisis dan memperoleh besaran risiko penggunaan air untuk suatu kegiatan industri dengan metode FTA
3. Menentukan tindakan prioritas yang dilakukan untuk mengoptimalkan penggunaan air bersih pada kegiatan industri penyamakan kulit dengan metode FTA dan optimasi

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai saran bagi industri dalam pengoptimalan penggunaan air bersih pada proses produksinya. Selain itu pengoptimalan dari penggunaan air bersih dapat dijadikan usaha untuk meminimisasi jumlah limbah yang dibuang.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian digunakan sebagai batasan dalam melakukan penelitian ini adalah:

1. Analisis dan optimasi dilakukan hanya untuk pengoptimalan kuantitas penggunaan air bersih di industri penyamakan kulit, area proses produksi dan area Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)
2. Data yang digunakan adalah data sekunder dan primer dari industri penyamakan kulit PT ECCO TANNERY INDONESIA pada tahun 2014.
3. Metode yang digunakan adalah *Fault Tree Analysis* untuk mencari faktor-faktor penyebab berlebihnya penggunaan air bersih dalam proses penyamakan kulit.
4. Optimasi dilakukan sebagai solusi dari hasil pencarian faktor pada *Fault Tree Analysis*
5. Pelaksanaan penelitian dilakukan di industri kulit PT ECCO TANNERY INDONESIA, area proses produksi maupun area IPAL, Sidoarjo sebagai lokasi studi lapangan dan di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan untuk pengolahan data dari lapangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Manajemen Penggunaan Air bersih

Menurut Bishop (2000), sesuai dengan *Environmental Protection Agency* (EPA) pencegahan pencemaran didefinisikan sebagai penggunaan material-material, proses-proses atau praktik-praktik yang bisa mereduksi penggunaan bahan berbahaya, energi, air atau sumber daya alam melalui penggunaan yang lebih efisien, termasuk didalamnya adalah strategi *good house keeping* (GHK) yang bertujuan untuk meminimalkan limbah dan meningkatkan keuntungan melalui penghematan sumber daya dan bahan baku.

Menurut *United Nation Industrial Development* (2000b), rincian air yang dibutuhkan secara umum untuk proses penyamakan 32.200 L/ton sebagai berikut: untuk proses pengapuran, proses pembersihan kapur, proses pengasaman dan penyamakan sebesar 21.000 liter, proses pencucian, netralisasi, pewarnaan, dan peminyakan sebesar 11.200 liter. Selisih jumlah air yang digunakan pada suatu industri penyamakan kulit menunjukkan selisih yang besar dibandingkan dengan referensi yang ada. Hal ini terjadi kemungkinan disebabkan oleh jumlah air yang digunakan di lapangan sangat tidak sesuai dengan formulasi yang telah diberikaan oleh perusahaan terhadap operator (Wardhana, 2011).

Diperlukan manajemen penggunaan air bersih agar jumlah air yang masuk dapat dengan mudah terpantau dan optimal dalam pemanfaatannya. Hal tersebut dapat mereduksi penggunaan air bersih serta meminimasi limbah cair pada lingkungan di kawasan industri penyamakan kulit (Wardhana, 2011).

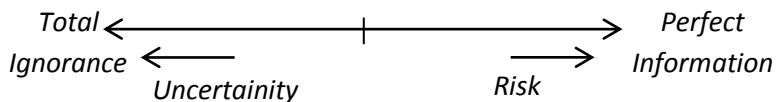
2.2 Risiko

2.2.1 Definisi risiko

Risiko adalah suatu kemungkinan dari suatu kejadian yang tidak diinginkan yang akan berpengaruh pada suatu tujuan (Government of Western Australia, 1999). Menurut Herman (2006) ada beberapa pengertian risiko yang lainnya, yaitu: Risiko adalah ketidakpastian, risiko adalah penyimpangan aktual dari harapan,

risiko adalah probabilitas suatu hasil akan berbeda dari yang diharapkan.

Risiko dapat diartikan sebagai probabilitas terjadinya suatu kegiatan, yang apabila terjadi dapat menimbulkan konsekuensi negatif ataupun positif terhadap suatu kegiatan. Pengertian risiko sangat erat dengan ketidakpastian (*uncertainty*), namun terdapat perbedaan diantara keduanya, yakni risiko memiliki peluang yang lebih besar untuk terjadi dibandingkan dengan ketidakpastian (Frame, 2003). Perbedaan tersebut dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2. 1 Risiko, Ketidakpastian, dan Level Informasi

Sumber: Frame (2003)

Risiko dapat dibagi menjadi beberapa jenis dalam suatu perusahaan (Umar, 2001), yaitu:

1. *Operational risk* adalah risiko-risiko yang berhubungan dengan operasional organisasi perusahaan, mencakup kejadian risiko pada sistem organisasi, proses kerja, teknologi dan sumber daya manusia.
2. *Financial risk* adalah risiko yang berdampak pada kinerja keuangan perusahaan.
3. *Hazard risk* adalah risiko kecelakaan fisik, seperti kejadian risiko sebagai akibat bencana alam, berbagai kejadian/kerusakan yang menimpa hartaperusahaan, dan adanya ancaman pengrusakan.
4. *Strategic risk* mencakup kejadian risiko yang berhubungan dengan strategi perusahaan, politik ekonomi, peraturan dan perundangan, pasar bebas, risiko yang berkaitan dengan reputasi perusahaan, kepemimpinan, dan termasuk perubahan keinginan pelanggan.

2.2.2 Manajemen risiko

Manajemen risiko menurut The Australian-New Zealand Standards (1999) merupakan budaya, proses dan struktur yang diarahkan menuju kepada manajemen yang efektif dari peluang yang potensial dan efek samping. Proses dari manajemen risiko itu sendiri adalah suatu proses yang logis dan sistematis dalam mengidentifikasi, menganalisis, mengevaluasi, mengendalikan, mengawasi, dan mengkomunikasikan risiko yang berhubungan dengan segala aktivitas, fungsi atau proses dengan tujuan perusahaan dapat mampu meminimasi kerugian dan memaksimalkan kesempatan. Dapat disimpulkan bahwa manajemen risiko adalah proses pengukuran atau penilaian risiko serta pengembangan strategi pengelolaannya (Cooper, 2004)

Menurut Djojosedarso (2003) dalam Apsari (2013) fungsi manajemen risiko pada pokoknya mencakup beberapa hal, yaitu menemukan kerugian potensial, mengevaluasi kerugian potensial, dan memilih teknik yang tepat atau menentukan suatu kombinasi dari teknik-teknik yang tepat guna menanggulangi kerugian.

Sedang menurut Herman (2006), manajemen risiko mempunyai tujuan sebagai berikut:

1. Kelangsungan hidup (*survival*)
2. Kedamaian pikiran
3. Memperkecil biaya
4. Menstabilkan pendapatan perusahaan
5. Memperkecil atau meniadakan gangguan operasi perusahaan
6. Melanjutkan pertumbuhan perusahaan
7. Merumuskan tanggung jawab sosial perusahaan terhadap karyawan dan masyarakat.

2.2.3 Identifikasi Risiko

Identifikasi potensi risiko bertujuan untuk mengenali semua risiko yang mungkin terjadi di lingkungan kerja. Hasil dari identifikasi risiko berperan sebagai acuan dalam menganalisis potensi bahaya dan mengevaluasi kondisi yang sudah ada yang dapat menyebabkan ancaman, kerusakan atau kerugian bagi manusia, aset perusahaan dan juga lingkungan. Proses identifikasi juga dapat digunakan sebagai salah satu alat atau teknik untuk membantu proses pengambilan keputusan. Ada

beberapa metode yang dapat digunakan dalam mengidentifikasi risiko diantaranya adalah (American National Standart, 2004): Evaluasi dokumentasi dan teknik pengumpulan informasi, seperti *brainstorming*, *interview*, atau identifikasi akar penyebab masalah.

2.2.4 Analisis Risiko

Analisis risiko dilakukan untuk mengetahui potensi bahaya (Pollard, *et al.*, 2004). Terdapat tiga prinsip penting dalam melakukan pengukuran risiko, yakni:

- Memastikan kejelasan struktur suatu sistem, dimana unsur probabilitas dan dampak dipertimbangkan dalam setiap risiko.
- Merekam pengukuran risiko yang memfasilitasi pengontrolan dan identifikasi dari prioritas risiko.
- Memperjelas perbedaan antara *inherent risk* (risiko awal) dan *residual risk* (risiko sisa setelah dilakukannya perbaikan).

Menurut Merrit (2000) metode untuk analisis risiko dapat menggunakan analisis kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif digunakan untuk meningkatkan kesadaran terhadap masalah keamanan sistem informasi dan keamanan sistem tersebut, sedangkan analisis kuantitatif merupakan metode analisis risiko yang mengenali pengendalian pengamanan apa dan bagaimana seharusnya diterapkan serta jumlah biaya untuk penerapannya.

A. Analisis Kualitatif

Proses analisis dilakukan dengan klasifikasi penilaian (Government of Western Australia, 1999). Analisis risiko dilakukan dengan mengombinasi antara *likelihood* (besaran frekuensi) dan *consequence* (besaran risiko atau dampak). Frekuensi kejadian menunjukkan sering atau tidaknya kejadian risiko yang terjadi akibat kegiatan yang dilakukan (Tabel 2.1). Sedangkan besaran konsekuensi menunjukkan besar kecilnya risiko akibat suatu kegiatan terhadap lingkungan sekitar (Tabel 2.2). Analisis ini menggunakan kata-kata deskriptif dengan skala tertentu untuk menjelaskan besaran konsekuensi potensial dan kemungkinan munculnya (frekuensi) konsekuensi tersebut.

Tabel 2. 1 Kategori dan interval nilai *Likelihood*

Kategori	Penjelasan	Range Nilai
Rare	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan jarang menimbulkan risiko pada lingkungan sekitar	$\leq 10\%$
Unlikely	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan menimbulkan risiko pada lingkungan sekitar dengan kemungkinan yang kecil	10 - 30%
Moderate	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan menimbulkan risiko pada lingkungan sekitar dengan kemungkinan yang sedang	31 - 60%
Likely	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan menimbulkan risiko pada lingkungan sekitar dengan kemungkinan yang besar	61 - 80%
Almost Certain	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan hampir pasti menimbulkan risiko pada lingkungan sekitar. Merupakan tingkat tertinggi.	$\geq 81\%$

Sumber: Government of Western Australia (1999)

Tabel 2. 2 Kategori dan interval nilai *consequence*

Kategori	Penjelasan	Range Nilai
Negligable	Konsekuensi risiko yang terjadi tidak perlu dikuatirkan	$\leq 10\%$
Low	Konsekuensi risiko kecil tetapi memerlukan usaha penanganan untuk mengurangi risiko yang terjadi seperti penanganan setempat.	10 - 30%

Kategori	Penjelasan	Range Nilai
Medium	Konsekuensi risiko sedang oleh karena itu diperlukan pengelolaan berdasarkan prosedur normal.	31 - 60%
High	Konsekuensi yang terjadi relatif besar terhadap lingkungan oleh karena itu diperlukan pengelolaan yang intensif dalam penanganannya.	61 - 80%
Extreme	Konsekuensi risiko yang terjadi sangat besar	≥80%

Sumber: Government of Western Australia (1999)

B. Analisis Kuantitatif

Analisis ini merupakan proses untuk mengukur risiko secara keseluruhan dengan menggunakan formula matematis. Analisis ini menggunakan nilai-nilai numerik baik untuk nilai dampak maupun probabilitas, menggunakan data dari berbagai sumber. Dampak (*consequences*) dapat diperkirakan dengan memodelkan keluaran dari setiap kejadian atau dengan ekstrapolasi dari pengalaman studi dan data masa lalu. Probabilitas (*likelihood*) biasanya dinyatakan sebagai probabilitas, frekuensi, atau kombinasi dari kejadian dan kemungkinan (Qomaruddin, 2012).

2.2.5 Perhitungan Risiko

Menurut Frame (2003) pendekatan perhitungan risiko dapat dilihat berdasarkan hubungan antara kemungkinan dan dampak yang terjadi. Hal tersebut dinyatakan dengan:

$$\text{Risk} = f(\text{Consequence, Likelihood})$$

Dimana:

Consequences : konsekuensi untuk suatu risiko, contoh: kerugian finansial.

Likelihood : frekuensi kegagalan untuk suatu risiko, contoh: tiga kali pertahun.

Melalui pendekatan di atas dapat diketahui bahwa risiko merupakan kombinasi dari *likelihood* dan *consequence*. Semakin tinggi kemungkinan (*likelihood*) dan dampak (*consequences*) yang terjadi maka semakin tinggi pula risikonya, dan sebaliknya. Perhitungan kemungkinan atau peluang yang sering digunakan adalah frekuensi. *Likelihood* merupakan kemungkinan suatu risiko yang muncul, biasanya digunakan data historis untuk mengestimasi kemungkinan tersebut. *Consequences* adalah suatu akibat dari suatu kejadian yang biasanya diekspresikan sebagai kerugian dari suatu kejadian sehingga *consequence* dihitung dari biaya kerugian yang dialami dalam suatu periode waktu dari suatu kejadian atau suatu risiko.

2.2.6 Evaluasi Risiko

Menurut Qomaruddin, (2012) evaluasi risiko adalah perbandingan dari tingkat risiko yang ditemukan selama proses analisis dengan kriteria risiko yang dimunculkan sebelumnya. Hasil dari evaluasi risiko adalah berupa daftar tingkat prioritas risiko untuk tindakan lebih lanjut. Perlu dipertimbangkan tujuan dari perusahaan dan kesempatan yang mungkin muncul dalam mengevaluasi risiko. Jika risiko ada pada kategori rendah maka risiko tersebut dapat diterima dan ditangani dengan cara sederhana. Jika tidak, maka risiko tersebut perlu penanganan lebih lanjut.

2.3 Fault Tree Analysis (FTA)

2.3.1 Definisi FTA

Ada beberapa metode analisis risiko yang dianjurkan, salah satunya adalah metode pohon kegagalan atau *Fault Tree Analysis (FTA)*. *Fault Tree Analysis* adalah alat pemecahan masalah yang sangat baik karena dapat digunakan untuk mencegah dan mengidentifikasi kegagalan sebelum kegagalan tersebut terjadi, tetapi lebih sering digunakan untuk menganalisis kecelakaan atau sebagai alat investigasi penentuan kegagalan (The Texas Department of Insurance, 2006). Ketika kecelakaan atau kegagalan itu terjadi akar penyebab peristiwa negatif dapat teridentifikasi. Setiap kejadian dianalisis dengan pertanyaan, "Bagaimana hal ini dapat terjadi?", dalam menjawab pertanyaan

tersebut, teridentifikasi penyebab-penyebab utama kejadian dan bagaimana kejadian tersebut berinteraksi.

Berdasarkan *Fault Tree Handbook (1981)* dikatakan bahwa *fault tree* mempunyai banyak keuntungan dalam penggunaannya yaitu :

- Mengidentifikasi kemungkinan permasalahan yang terjadi dalam sistem keandalan atau keselamatan pada saat mendesain
- Menilai sistem keandalan atau keselamatan selama kegiatan berlangsung
- Meningkatkan pemahaman dari sebuah sistem
- Mengidentifikasi akar dari penyebab terjadinya kegagalan

2.3.2 Tahapan FTA

Menurut Qomaruddin (2012), dalam *fault tree analysis*, kejadian yang tidak diinginkan dijadikan sebagai kejadian puncak atau *top event*. Setelah itu menjabarkan sistem yang diamati untuk mengetahui penyebab utama atau kombinasi penyebab dari kejadian puncak. Jadi pada dasarnya langkah-langkah yang harus diambil dalam melakukan *fault tree analysis (The Texas Department of Insurance, 2006)* adalah sebagai berikut :

1. Menentukan apa yang menjadi *top event* (peristiwa puncak) atau kejadian yang tidak diinginkan untuk terjadi
Kejadian puncak yang ditetapkan adalah kejadian yang berkemungkinan terjadi kegagalan. Kejadian itu dapat berupa hasil akhir dari sebuah kecelakaan yang mungkin terjadi. Kejadian tersebut misalnya peristiwa jungkir baliknya mesin pengangkat barang (*forklift overturning*).
2. Memahami sistem yang diamati
Memisahkan daftar kejadian yang memiliki karakteristik yang sama menjadi sebuah kelompok. Satu kejadian harus mewakili kejadian lainnya yang ada di dalam kelompok. Kejadian ini harus menjadi kejadian yang tidak diinginkan untuk dipelajari.
3. Membangun struktur pohon dari *fault tree analysis*
Konstruksi diagram harus konsisten, sesuai logika, seragam dan sesuai format dari tingkat ke tingkat. Pengkonstruksian harus dibuat sederhana mungkin dengan simbol yang ada.

Tujuan dari pengkonstruksian ini adalah membuat urutan prosedur menjadi sederhana.

4. Memvalidasi struktur pohon dari *fault tree analysis*
Membutuhkan persetujuan dari pihak yang benar-benar mengetahui detail proses sistem.
5. Mengevaluasi struktur pohon dari *fault tree analysis*
Dilakukan penentuan dimana perbaikan analisis dapat dibuat atau dimana letak kesempatan pengaplikasian prosedur atau material untuk mereduksi bahaya. Hal tersebut dilakukan dengan cara meneliti diagram pohon pada semua area yang ada.
6. Mempelajari kosekuensinya
Tahap ini merupakan pengevaluasian lebih lanjut, dikarenakan jika ada prosedur yang baru berkemungkinan timbul masalah baru.
7. Mempertimbangkan alternatif dan merekomendasikan tindakan yang akan diambil
Tidak koreksi dan alternatif yang dianjurkan

2.3.3 Komponen FTA

Menurut Andrews (2012), sistem kegagalan dimulai dari mode sistem kegagalan yang paling tinggi kemudian dibuat percabangan yang memecah ke bawah sampai membangun hubungan kausalitas hingga mode komponen kegagalan dan kejadian paling dasar yang muncul. Komponen FTA terdiri dari:




1. Variabel Boolean

Variabel kejadian dasar didefinisikan sebagai setiap kejadian dasar benar jika kejadian dasar terjadi dan salah jika kejadian dasar tidak terjadi. Setiap persamaan dapat disederhanakan berdasarkan Boolean Algebra. Pada persamaan tersebut „x” merepresentasikan AND dan „+” merepresentasikan OR.

2. Simbol Boolean

Simbol-simbol dalam FTA terdiri dari simbol kejadian dan simbol gerbang. Simbol-simbol tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan Tabel 2.4.


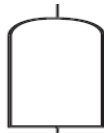
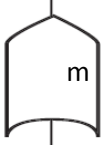
Tabel 2.3 Simbol kejadian

Simbol	Nama	Keterangan
	Rectangle	Berisi deskripsi komponen atau suatu kejadian risiko pada pohon kesalahan. Digunakan untuk mendeskripsikan kejadian level teratas yang tidak diinginkan (<i>top event</i>) dan juga kejadian yang menghasilkan terjadinya kesalahan (<i>intermediet event</i>). Dibatasi oleh gerbang logika berupa simbol <i>gate</i> .
	Circle	Menunjukkan <i>basic event</i> atau kejadian dasar yang merupakan komponen kegagalan tingkat yang paling rendah atau penyebab dasar kesalahan.
	Transfer	Menunjukkan bahwa komponen kejadian dipindahkan ke diagram lain atau terpisah.

Sumber: Andrews (2012)

Simbol *events* digunakan untuk menunjukkan sifat dari setiap kejadian dalam sistem. Simbol kejadian ini digunakan untuk memudahkan dalam mengidentifikasi kejadian yang terjadi. Kejadian puncak menjadi tingkat yang paling atas pada diagram, kemudian subsistem menjadi kejadian menengah, dan dapat ditelusuri lagi kebawah sehingga ditemukan komponen akar permasalahan. Sedangkan simbol gerbang (Tabel 2.4) digunakan untuk menunjukkan hubungan antar kejadian dalam sistem. Setiap kejadian dalam sistem dapat secara pribadi atau bersama-sama menyebabkan kejadian lain muncul.

Tabel 2.4 Simbol gerbang

Simbol	Nama	Hubungan sebab akibat
	Or	Output kesalahan berlaku jika salah satu input terjadi. Yakni ketika input bersifat <i>individually</i> .
	And	Output kesalahan berlaku jika semua input terjadi. Yakni ketika semua input bersifat <i>collectively</i> .
	Vote	Output kesalahan berlaku jika input terjadi. Yakni ketika terdapat mutualisasi antara beberapa input.

Sumber: Andrews (2012)

2.3.4 Analisis FTA

Kelebihan penggunaan FTA dapat terlihat dengan jelas, metode ini dapat digunakan untuk analisis kualitatif dan kuantitatif, sehingga mengurangi tingkat subyektifitas. Metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

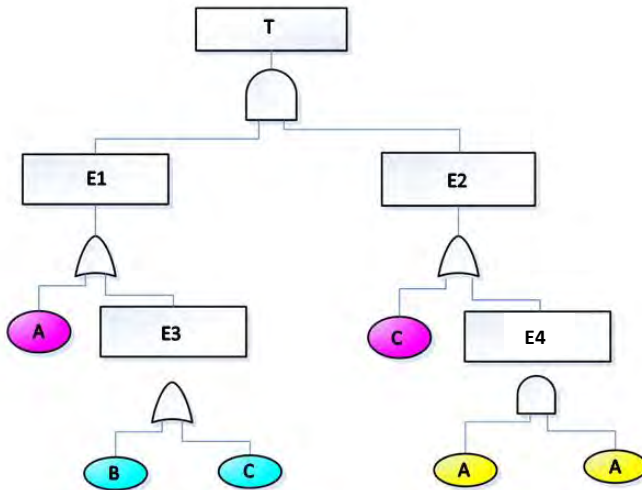
A. Analisis Kualitatif

Analisis kualitatif adalah sebuah analisis dalam *fault tree* yang menggunakan ekspresi logika. Analisis ini menggunakan variabel dan simbol Boolean Algebra. Metode analisis kualitatif *fault tree* adalah sebagai berikut:

1. Top to bottom

Analisis *fault tree* dari atas ke bawah. Analisis dimulai dari kejadian puncak atau *top event* dan kemudian bergerak ke bawah menuju kejadian menengah hingga sampai pada level komponen yang paling bawah, dengan memberi simbol gerbang

sebagai pengganti ekspresi logika kualitatif, sehingga ditemukan diagram seperti Gambar 2.3.



Gambar 2. 2 Desain diagram *fault tree analysis*

Sumber: Andrews (2012)

2. Bottom Up

Untuk menganalisis *fault tree* setelah diperoleh ekspresi logika dalam bentuk simbol, yakni dengan menafsirkan ekspresi logika berupa simbol menjadi ekspresi dalam bentuk lain. Analisis ini dilakukan dari level yang paling bawah kemudian menuju ke level atas hingga kejadian puncak. Berdasarkan Gambar 2.4, diperoleh hasil analisis sebagai berikut:

Untuk level terbawah, diperoleh:

$$E3 = B \cup C; E4 = A \cap B \dots \dots \dots (2.1)$$

Untuk level tengah

$$E1 = A \cup E3; E2 = C \cup E4 \dots \dots \dots (2.2)$$

Untuk teratas, diperoleh:

$$T = E1 \cap E2 \dots\dots\dots (2.3)$$

Kemudian disubsitusikan persamaan 2.3 dengan 2.1, diperoleh:

$$T = (A \cup E3) \cap (C \cup E4) \dots\dots\dots (2.3)$$

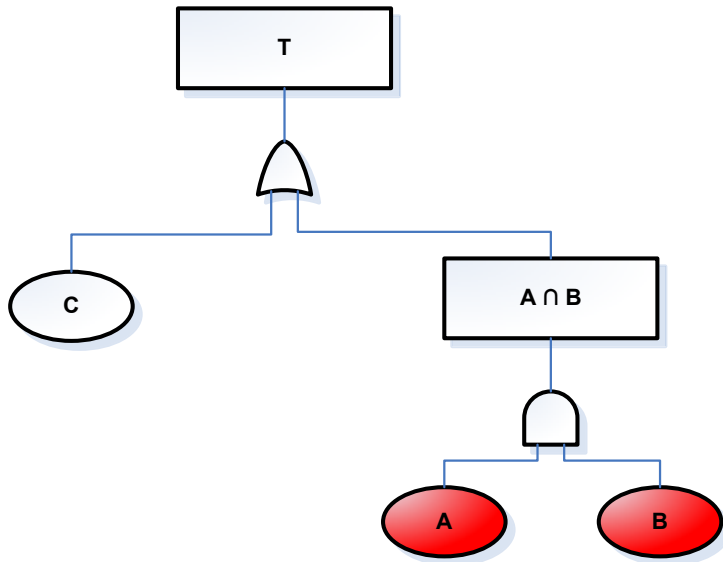
Maka didapatkan ekspresi logika untuk *Top Event* adalah

$$T = (A \cup (B \cup C)) \cap (C \cup (A \cap B)) \dots\dots\dots (2.5)$$

3. Logical Reduction

Diketahui bahwa dalam kejadian puncak salah satu komponennya dapat di asosiasi (Gambar 2.3), sehingga didapatkan ekspresi baru untuk *top event*, dimana:

$A \cup (B \cup C) = (A \cup B) \cup C = C \cup (B \cup A)$. Dari ekspresi tersebut maka didapatkan diagram *fault tree* yang baru seperti pada Gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2. 3 Diagram *fault tree* setelah diterapkan metode *logical reduction*

Sumber: Andrews (2012)

Formulasi untuk level terbawah atau untuk *bottom gates*:

$$E3 = B \cup C; E4 = A \cap B \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan cara menarik ke atas, maka didapatkan formula untuk level tengah

$$E1 = A \cup E3; E2 = C \cup E4 \dots\dots\dots (2.7)$$

Kemudian substitusikan persamaan 2.6 dengan 2.7 menjadi persamaan berikut:

$$E1 = A \cup (B \cup C) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$E2 = C \cup (A \cap B) \dots\dots\dots (2.9)$$

Kemudian pindah ke level teratas dari *fault tree*, dimana didapatkan persamaan:

$$T = E1 \cap E2 \dots\dots\dots (2.10)$$

Kemudian substitusikan persamaan 2.8 dengan 2.9, maka didapatkan ekspresi

untuk T adalah :

$$T = (A \cup (B \cup C)) \cap (C \cup (A \cap B)) \dots\dots\dots (2.11)$$

$$T = [C \cup (B \cup A) \cap [(C \cup (A \cap B))] \dots\dots\dots (2.12)$$

Kemudian diterapkan hukum distributif sehingga:

$$T = C \cup [(A \cup B) \cap (A \cap B)] \dots\dots\dots (2.13)$$

Dari hukum asosiatif bisa dieliminasi pada bagian kanan, kemudian didapatkan

$A \cap B = B \cap A$, sehingga:

$$T = C \cup [(A \cup B) \cap B \cap A] \dots\dots\dots (2.14)$$

Terakhir, dari hukum absorpsi $(A \cup B) \cap B = B$ diperoleh formulasi baru menjadi:

$$T = C \cup (B \cap A) \dots\dots\dots (2.15)$$

B. Analisis Kuantitatif

Analisis dilakukan dengan menggunakan nilai-nilai numerik untuk menentukan probabilitas dengan menggunakan data dari sumber berangkutan. Kualitas analisis ini tergantung dari keakuratan dan kelengkapan data yang digunakan. Analisis ini dapat diperkirakan dengan memodelkan *output* dari setiap kejadian atau dengan ekstrapolasi dari pengalaman studi dan data yang sudah ada sebelumnya .

Aspek yang terkait pada penyebab risiko dan aspek terkait tindakan perbaikan sebagai pengoptimalan dapat dihitung nilai probabilitasnya berdasarkan frekuensi proses (F_p) dan frekuensi berlangsungnya perbaikan yang akan datang (F_k). Frekuensi tersebut didasarkan atas *assessment* perusahaan, pertimbangan

pengalaman masa lalu yang dialami perusahaan, dan informasi lain dapat digunakan untuk memperkirakan kemungkinan terjadinya semua peristiwa yang mungkin dapat terjadi. Adapun rumus untuk perhitungan probabilitas yaitu sebagai berikut:

$$(p) = \frac{FP + FK}{\Sigma(FP + FK)} \times 100\%$$

Langkah selanjutnya yaitu memasukkan nilai probabilitas tindakan ke formula matematik yang diperoleh dari ekspresi logika pada analisis kualitatif sehingga didapatkan persentase probabilitas. Penggunaan metode kuantitatif pada FTA dengan perhitungan probabilitas ini dapat menentukan risiko yang harus diprioritaskan berdasarkan probabilitas kejadian terbesar, sehingga dapat diperoleh tindakan optimasi yang tepat. Frame (2003) menerangkan bahwa risiko merupakan hubungan antara kemungkinan dan dampak suatu risiko, sehingga diperlukan penentuan *consequence* untuk memperoleh kategori peringkat risiko. Nilai konsekuensi dapat dihitung dengan rumus:

$$\frac{\Sigma \text{data} (KPI > \text{standart KPI})}{\text{Total jumlah data}} \times 100\%$$

Dari hasil perhitungan persentase probabilitas dan nilai konsekuensi tersebut yang selanjutnya kemudian diterapkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Range cosequence dan likelihood

<i>Consequence</i>	<i>Likelihood</i>
<i>Negligable</i>	<i>Rare</i>
<i>Low</i>	<i>Unlike</i>
<i>Medium</i>	<i>Moderate</i>
<i>High</i>	<i>Likely</i>
<i>Extreme</i>	<i>Almost Certain</i>
<i>Sumber: Standard Australia (1999)</i>	

Tabel 2.5 menunjukkan penggolongan kriteria yang ditentukan dengan *interval range* yang diperoleh dari penilaian di perusahaan. Selanjutnya, kriteria *consequence* dan probabilitas di masukkan kedalam matriks atau peta risiko pada Tabel 2.6 untuk menentukan kategori risiko.

Tabel 2. 6 Matriks kategori tingkatan risiko

		<i>Consequence</i>				
		<i>Extreme</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Negligable</i>
<i>Proba-bility</i>	<i>Almost Certain</i>	Severe	Severe	High	Major	Trivial
	<i>Likely</i>	Severe	High	Major	Signifi-cant	Trivial
	<i>Moderate</i>	High	Major	Signifi-cant	Mode-rate	Trivial
	<i>Unlike</i>	Major	Signific-ant	Moderate	Low	Trivial
	<i>Rare</i>	Signifi-cant	Mode-rate	Low	Trivial	Trivial

Sumber: Government of Western Australia (1999)

Keterangan :

Severe

Harus dikelola dengan rencana yang detail oleh manajemen, karena risiko hampir selalu terjadi dan memiliki konsekuensi yang sangat riskan bagi keberlangsungan perusahaan dan menyebabkan masalah yang besar bagi perusahaan.

High

Memerlukan penelitian lebih detail dan perencanaan manajemen pada tingkat senior. Konsekuensinya mengancam kelangsungan suatu operasi yang efektif dari suatu aktivitas dan memerlukan campur tangan manajemen *top level*.

Major

Memerlukan perhatian manajemen senior. Konsekuensinya tidak mengancam aktivitas tetapi akan memperburuk suatu aktivitas sehingga perlu dilakukan telaah atau perubahan cara beroperasi.

Significant

Memerlukan alokasi tanggung jawab manajemen yang spesifik

Moderate

Memerlukan prosedur reaksi atau pengawasan yang spesifik.

Low

Dapat dikelola dengan prosedur operasional yang rutin.

Trivial

Tidak memerlukan penggunaan sumber daya yang spesifik ataudapat dikelola dgn pemecahan yang mudah dan cepat.

2.4 Optimasi

Optimasi adalah suatu perlakuan yang bertujuan memperbaiki subyek yang sudah ada atau meminimalkan risiko untuk sampai pada titik maksimal dari subyek tersebut (Steven, *et al.*, 2001). Tujuan dari optimasi dalam konteks ini adalah untuk menemukan tindakan untuk mengurangi tingkat risiko. Banyak teknik optimasi yang telah dikembangkan, baik kualitatif maupun kuantitatif. Di antara teknik kuantitatif, optimasi memiliki daya tarik alami karena didasarkan pada tujuan formulasi matematika yang biasanya menampilkan solusi optimal yakni serangkaian keputusan untuk penanganan risiko (Better, *et al.*, 2008). Penanganan risiko merupakan penyaluran dari aspek akar penyebab risiko menjadi aspek yang menguntungkan sehingga mencapai perbaikan (Frame, 2003). Optimasi dapat diperkirakan dengan memodelkan keluaran dari setiap kejadian atau dengan ekstrapolasi dari pengalaman studi dan data masa lalu.

“Halam ini sengaja dikosngkan”

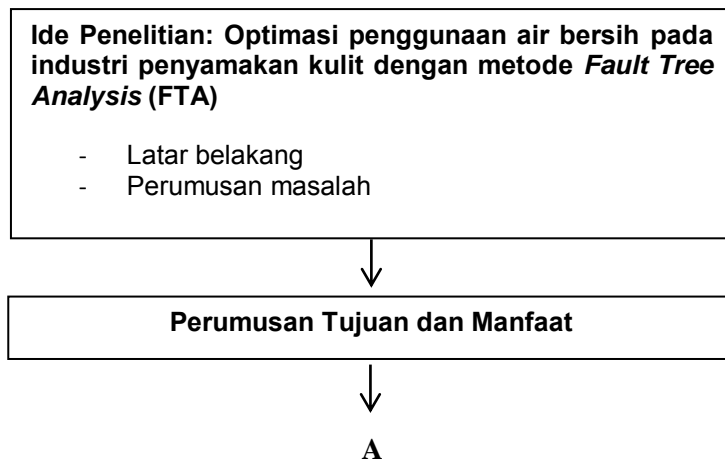
BAB 3 METODE PENELITIAN

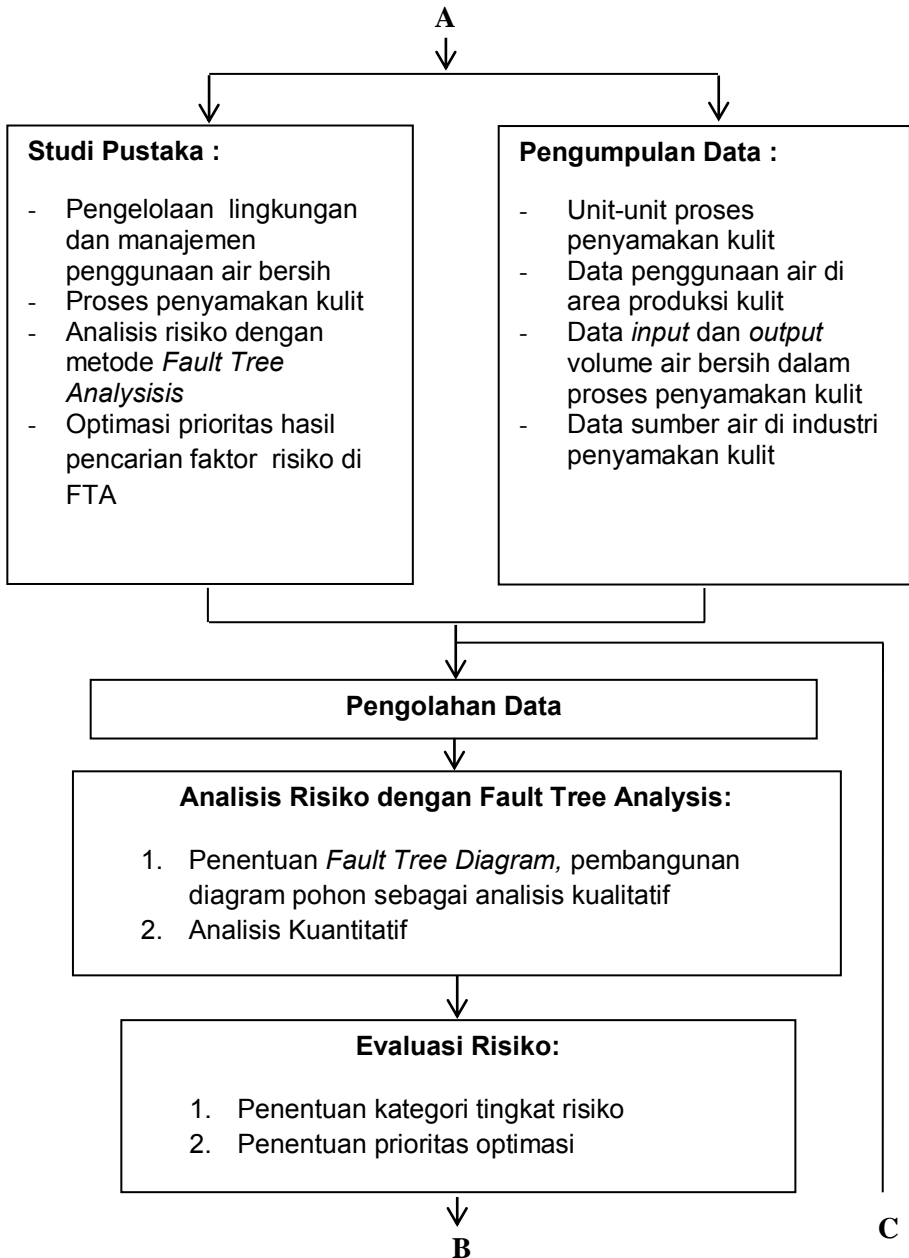
3.1 Umum

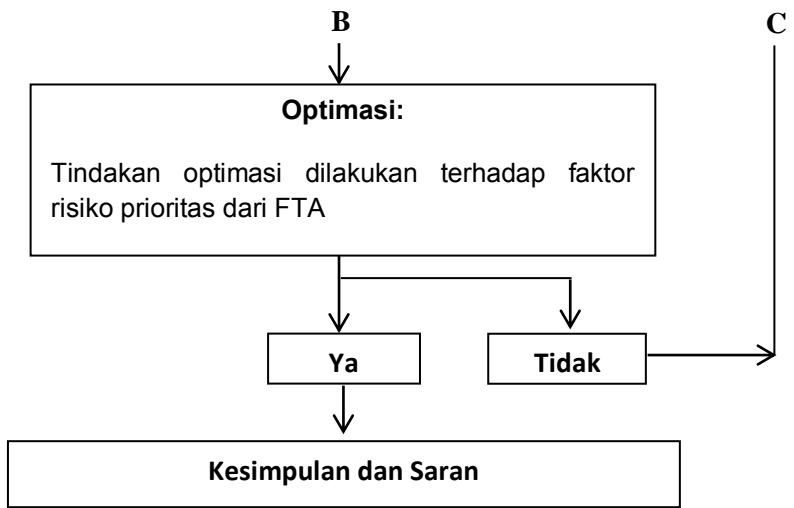
Metode penelitian mempunyai peranan yang sangat penting dalam suatu penelitian. Adanya metode penelitian dapat mempermudah pelaksanaan penelitian dan dapat memperkecil tingkat kesalahan. Selain itu, dapat digunakan sebagai evaluasi terhadap segala sesuatu yang telah dilaksanakan dalam penelitian.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan dasar-dasar pemikiran dari seluruh tahapan pelaksanaan secara umum yang disusun sedemikian rupa sehingga dapat terlihat urutan-urutan kerja yang sistematis dan terencana. Kerangka penelitian tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1.







Gambar 3. 1 Kerangka Alur Penelitian

3.3 Ide Penelitian

Ide studi ini muncul dari indentifikasi masalah yang akan diselesaikan. Perumusan masalah dilatarbelakangi oleh besarnya penggunaan air bersih pada industri penyamakan kulit. Diperlukan optimasi penggunaan air bersih area industri penyamakan kulit. Optimasi ini sebagai upaya efisiensi penggunaan air bersih dan usaha dalam mengurangi limbah cair yang dihasilkan dari proses penyamakn kulit sebagai salah satu upaya pengelolaan lingkungan.

3.4 Studi Pustaka

Studi literatur merupakan tahap pemahaman dan penelusuran literatur-literatur baik dari buku, jurnal, penelitian terdahulu, artikel dan lain sebagainya yang berkaitan dengan konsep optimasi penggunaan air bersih, sistem produksi, analisis risiko, *fault tree analysis*, dan optimasi.

3.5 Pengumpulan dan Pengolahan Data Sekunder

Dibutuhkan data yang mendukung sebagai data sekunder dalam penelitian ini, yaitu pemakaian air pada area proses penyamakan kulit yang ada di industri penyamakan kulit tersebut. Unit yang membutuhkan air dalam proses penyamakan kulit tersebut adalah unit perendaman, pencucian, pengapuran, pembuangan kapur, penyamakan, pewarnaan dasar, pengecatan. Selain unit-unit produksi tersebut penggunaan air bersih juga ada pada area IPAL digunakan untuk pelarut bahan kimian pengolah limbah, pembersihan dan area taman.

Selain itu dibutuhkan data mengenai faktor-faktor penyebab besarnya penggunaan air bersih dalam proses penyamakan kuli sampai ke akar permasalahannya. Data tersebut berupa hasil diskusi dan wawancara terhadap pihak manajemen. Data yang sudah terkumpul selanjutnya di rekapitulasi kemudian digunakan sebagai pertimbangan untuk mengidentifikasi risiko, penentuan frekuensi, perhitungan probabilitas *likelihood* maupun *consequence*.

Selama proses pengumpulan data dilakukan juga pemantauan langsung di lapangan, tempat pemrosesan samak

kulit, di dampingi oleh penanggung jawab di lapangan. Pemantauan dilakukan agar dapat mendukung pengumpulan data sekunder agar lebih memahami sistem yang ada di tempat pemrosesan samak kulit.

3.6 Analisis dan Pembahasan

Tahap ini adalah tahap lanjut dari pengumpulan data yang meliputi:

1. Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko dilakukan melalui penelusuran dan pengamatan mengenai kejadian-kejadian yang berpotensi menimbulkan risiko yang mengganggu, dalam hal ini adalah jumlah penggunaan air bersih pada unit-unit proses yang membutuhkan air dalam prosesnya.

Sumber data diperoleh dari hasil wawancara dengan manajemen dan pengambilan data penggunaan air di industri penyamakan kulit.

2. Analisis Risiko dengan *Fault Tree Analysis*

Analisis risiko dari hasil identifikasi menggunakan *fault tree analysis* antara lain meliputi:

A. Analisis Kualitatif

Tahap pertama dari analisis risiko dilakukan dengan pembuatan *fault tree diagram* atau pohon logika. Meletakkan kejadian puncak sebagai kejadian yang tidak diinginkan untuk terjadi. Selanjutnya dibuat hubungan anatar kejadian dan faktor penyebab kejadian-kejadian tersebut. Risiko-risiko yang ada dianalisis dengan menggunakan metode *fault tree*, dengan dilakukannya hal tersebut maka kita dapat mengetahui dengan pasti penyebab terjadinya risiko.

B. Analisis Kuantitatif

Tahap kedua ini dilakukan setelah diketahui dengan pasti penyebab dari risiko tersebut, selanjutnya dapat ditentukan *consequences* dan *likelihood*. Penentuan *consequences* dilakukan sesuai dengan klasifikasi risiko yang telah ditetapkan sebelumnya dan dari hasil diskusi dengan pihak manajemen,

maka *consequence* ditentukan berdasarkan kuantitas air yang digunakan. Selanjutnya dilakukan penentuan *likelihood*, tahap ini dilakukan ketika sudah mengetahui seberapa besar frekuensi yang terjadi pada peristiwa tersebut dan diukur probabilitas kejadian tersebut setelahnya.

3. Validasi *Fault Tree Analysis*

Validasi dilakukan sebagai upaya agar nilai validitasnya sudah sesuai identifikasi dan analisis kejadian risiko, *likelihood*, dan *consequences* risiko. Hal ini dilakukan dengan orang yang benar-benar memahami permasalahan yang ada. Oleh karena itu validasi ini dilakukan bersama-sama dengan pihak manajemen industri penyamakan kulit. Apakah model risiko yang dibuat sudah sesuai atau belum. Jika model sudah tepat, maka dilakukan perhitungan nilai risiko, jika belum, maka perlu kembali ke tahap identifikasi risiko.

4. Penentuan Kategori Tingkat Risiko

Pada tahap ini, nilai risiko yang didapatkan dievaluasi dengan menentukan risiko-risiko manakah yang memerlukan penanganan lebih lanjut untuk pengoptimalan kuantitas air bersih yang digunakan pada unit proses penyamakan kulit. Evaluasi tersebut dilakukan dengan pembuatan peta risiko seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Matriks kategori tingkatan risiko

		<i>Consequence</i>				
		<i>Extreme</i>	<i>High</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>	<i>Negligible</i>
<i>Probability</i>	<i>Almost Certain</i>	<i>Severe</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Likely</i>	<i>Severe</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Moderate</i>	<i>High</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Mode-rate</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Unlike</i>	<i>Major</i>	<i>Significant</i>	<i>Mode-rate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>
	<i>Rare</i>	<i>Significant</i>	<i>Mode-rate</i>	<i>Low</i>	<i>Trivial</i>	<i>Trivial</i>

Sumber: Government of Western Australia (1999)

3.7 Optimasi

Setelah mengetahui faktor penyebab permasalahan berdasarkan tingkat kategori dan probabilitas risikonya dilakukan optimasi. Cara yang digunakan untuk optimasi yaitu dengan melakukan mitigasi risiko, mitigasi risiko merupakan penanganan risiko sebagai strategi untuk mencegah risiko lain, mengurangi frekuensi terjadinya risiko, dan strategi menghadapi risiko agar dapat mencapai perbaikan. Hasil optimasi menjadi saran atau tindakan preventif agar penggunaan air bersih menjadi optimal.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran ini merupakan rangkaian terakhir dari kerangka penelitian yang menunjukkan hasil akhir dari penelitian. Melalui kesimpulan yang diambil dapat dilihat hal apa saja yang telah diperoleh dari seluruh tahapan. Hasil optimasi apabila optimal maka dapat langsung dibuat kesimpulannya, jika tidak maka kembali lagi ke bagian pengolahan data untuk di cek kembali. Pada tahap ini juga dapat diberikan saran dari hasil penelitian maupun untuk penelitian selanjutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 4

PROFIL PERUSAHAAN

4.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT ECCO Tannery Indonesia (ETI) adalah bagian dari ECCO *Leather Group* yang berlokasi di Candi Sidoarjo 61271, Jawa Timur, Indonesia (Gambar 4.1). ECCO adalah perusahaan sepatu yang dimiliki oleh keluarga berkebangsaan Denmark terbentuk pada tahun 1963. ECCO adalah bisnis multinasional dengan 18.500 pekerja berasal lebih dari 50 negara, oleh karena itu ECCO memiliki pekerja dengan berbagai kewarganegaraan, bahasa dan latar belakang. ECCO memiliki setiap aspek dalam bisnisnya—Mulai dari desain produk kulit sampai pembuatan sepatunya, termasuk banyak toko ECCO di seluruh dunia.

ECCO adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang pembuatan sepatu dan salah satu merk terbaik di dunia—kualitas tinggi dalam produksi alas kaki. Kulit adalah elemen yang fundamental dari sepatu ECCO dan mayoritas hasil kulit ECCO di produksi di industri penyamakan kulit di beberapa negara di dunia—Indonesia, China, Thailand, dan Belanda. Selain itu industri kulit ECCO juga menyuplai hasil kulitnya ke pelanggan eksternal.

Pabrik ECCO di Indonesia terdiri dari *beam house* dan *tannery* di bangun pada tahun 1991. Kulit mentah diubah menjadi kulit *wet-blue* dan menjadi kulit *crust* setelahnya di *tannery*. Kulit *crust* ECCO mayoritas di proses akhir ke produsen menjadi produk kulit jadi yang kemudian di ekspor. Selain itu kulit yang sudah tersamak juga di suplai ke pabrik sepatu tetangga dan pelanggan eksternal.



Gambar 4. 1 Lokasi PT ECCO Tannery Indonesia

Sumber: PT ECCO Tannery Indonesia (2014)

4.2 Area Proses Produksi

Area proses produksi dibagi menjadi dua bagian, yaitu *beam house* dan *tannery*. Proses produksi di *beam house* diawali dengan melakukan penghilangan garam dari kulit sapi mentah yang digunakan sebagai pengawet. Kulit yang sudah siap untuk di proses dilanjutkan ke drum pencucian atau dapat disebut juga perendaman. Selanjutnya dilakukan proses perendaman dengan kapur di drum yang sama untuk menghilangkan bulu dari kulit sapi yang kemudian dilakukan pencucian kapur setelahnya dilakukan di drum yang sama. Selanjutnya masuk ke proses *fleshing* atau penghilangan lemak dan sisa daging. Setelah itu masuk ke drum *tanning* atau penyamakan kulit menggunakan krom sebagai bahan kimia penyamak kulit, kemudian masuk ke proses *sammying* atau penghilangan kadar air. Setelah pengurangan air pada proses sebelumnya, kulit mentah yang masuk area *beam house* sudah terproses menjadi *wet blue leather*.

Area berikutnya adalah *tannery*, dimana *wet blue leather* sebagai *input* dari proses produksi pada area ini. Masuk ke

proses *shaving*, membuat ketebalan sesuai yang diinginkan. Proses berikutnya adalah *re-tanning* merubah *wet blue leather* menjadi *crust* atau kulit yang lebih keras. Masuk ke proses berikutnya, yaitu *setting-out* untuk mengurangi air dan mendatarkan permukaan kulit. Proses selanjutnya adalah proses pengeringan, *vacuum dryer* dan *hang drying*. Proses sebelum masuk ke proses *finishing*, yaitu *toggling* untuk melebarkan kulit ke luas semula dan *staking* yaitu proses pelembutan dan membuat kulit tetap datar. Setelah itu masuk ke proses *finishing*, yaitu *spray*, *rollercoat*, *buffing*, *milling*, *polishing*, *embossing*, dan *foilling*. Diagram proses produksi dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Berikut penjelasan detail mengenai proses yang dalam pengolahan kulit:

1. Soaking dan Liming

Kulit mentah yang sudah diawetkan dengan garam di rendam dalam drum dan di putar untuk pembersihan dan pengembalian kadar air kulit seperti kulit segar sebelum diawetkan. Setelah proses perendaman kemudian di campurkan dengan kapur. Proses pengapuran dilakukan untuk meluruhkan bulu-bulu pada kulit yang diikuti dengan pencucian kapur tersebut juga pada drum yang sama.

2. Fleshing dan Splitting

Kulit dari drum perendaman selanjutnya dilanjutkan ke proses pembuangan lemak dan semua daging yang masih tersisa. Kulit dilewatkan pada alat yang akan membantu pembuangan sisa daging dan lemak.

3. Tanning dan Sammying

Kulit dimasukan kedalam drum penyamakan, diputar di dalam drum kulit bersama air dan bahan kimia seperti krom. Selanjutnya dilakukan penghilangan air pada kulit yang sudah tersamak atau proses *sammying*.

4. Shaving

Kulit diarpikan ketebalannya sesuai yang diinginkan setelah melewati proses pengurangan kadar air .

5. Retanning

Kulit dimasukkan kedalam drum penyamakan, dilakukan penyamakan kembali mengubah *wet blue leather* menjadi *crust* atau kulit yang lebih keras (Gambar 4.6)

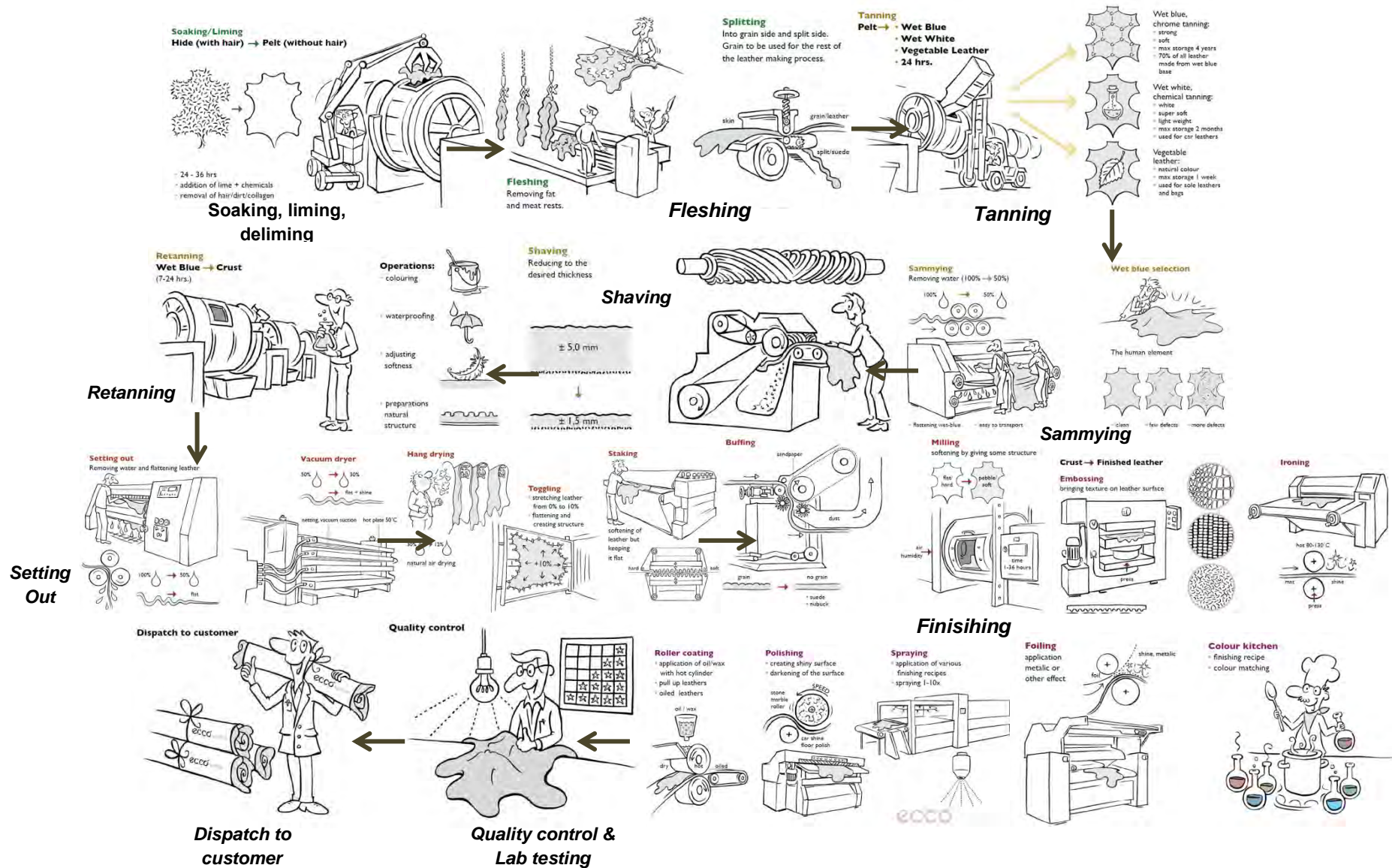
6. Setting Out, Vacuum Dryrer, Hang Drying, Toggling and Staking

Pada unit *setting out* kulit di lewatkan pada alat untuk membuat permukaan kulit menjadi lebih rata, kulit dilewatkan pada alat yang juga menyemprotkan air untuk menjaga kelembabannya saat melakukan perataan kulit. Kemudian kulit dikeringkan menggunakan mesin pengering atau *vacuum dryer* yang dilanjutkan dengan *hang drying*, penggantungan kulit dan membuatnya kering secara alami. Selanjutnya kulit di kembalikan ke luasan semula pada proses *toggling* dan kemudian di lewatkan pada unit proses *staking* yang membuat kulit menjadi lebih lembut namun tetap datar permukaannya.

7. Proses Finishing

Pada proses ini dilakukan beberapa perlakuan untuk kulit sebelum di jual ke pasaran. Proses ini merupakan proses untuk membuat kulit menjadi lebih bagus dan sesuai dengan permintaan konsumen. Proses *finishing* meliputi pelapisan kulit dengan bahan lain seperti *foil*, pelebaran kulit, pemberian warna kembali dan lain-lain yang diperlukan sesuai permintaan.

DIAGRAM FLOW PRODUKSI Gambar 4.9 Diagram proses produksi



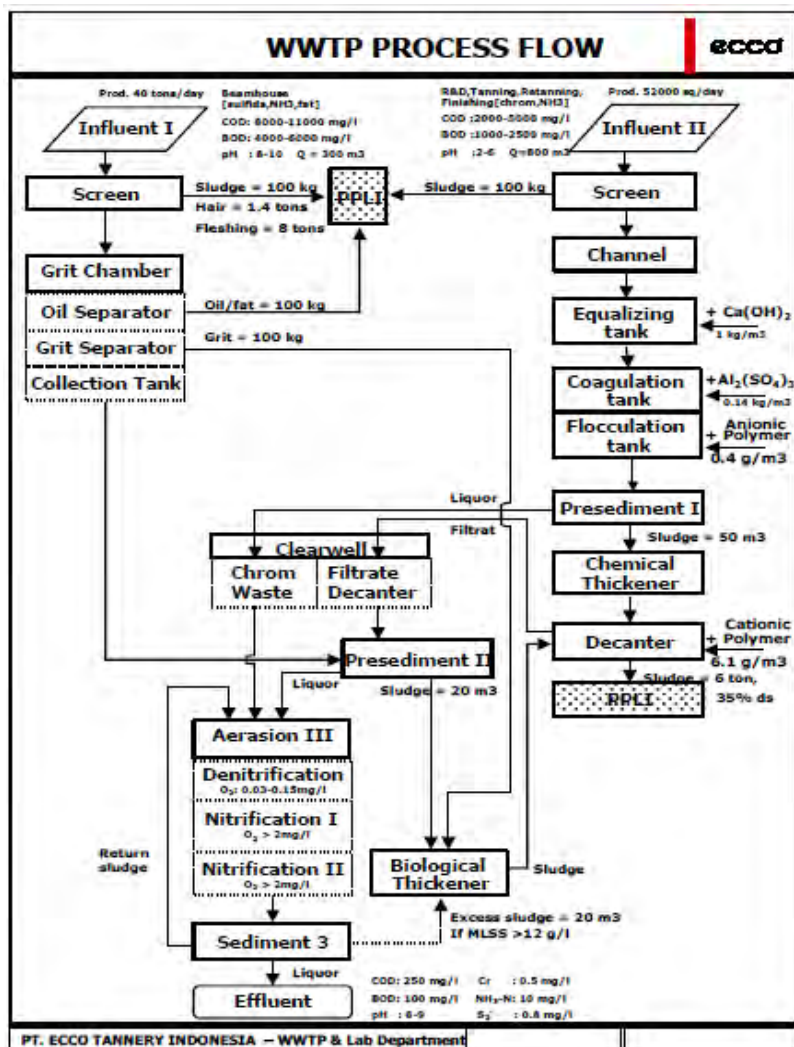
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

4.3 Area Instalasi Pengolahan Air Limbah

Selain area produksi yang terdiri dari unit-unit proses pengolahan kulit mentah menjadi kulit yang siap untuk dijadikan barang dengan bentuk lain, pada area operasi industri ini dilengkapi pula dengan area instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Pengolahan air limbah pertama kali masuk ke IPAL dibagi menjadi dua, yaitu limbah yang mengandung krom dan yang tidak mengandung krom, yaitu yang mengandung lemak dan solid lainnya. Limbah mengandung krom dilanjutkan ke pengolahan kimia dengan unit koagulasi-flokulasi dan untuk limbah yang tidak mengandung krom dilanjutkan ke *grit chamber* untuk dipisahkan lemak dan benda solid lainnya. Selanjutnya kedua jenis limbah tersebut masuk ke bak pengendap menjadi satu dan masuk ke bak aerasi setelahnya (Gambar 4.3). Setelah air limbah terolah di bak aerasi masuk ke bak sedimentasi dan kemudian di buang ke badan air.

Tidak hanya unit-unit proses yang ada di area produksi saja yang membutuhkan air. Area IPAL di ECCO Tannery juga menggunakan air bersih untuk kegiatannya. Kegiatan di area IPAL terbagi menjadi tiga, yaitu untuk pelarutan bahan kimia. Pembersihan dan pertamanan. Air bersih yang digunakan di area IPAL berasal dari tanah. Pemakaian air sesuai dengan izinnya dan tidak ada yang harus dibayarkan perdebit pemakaian seperti penggunaan air PDAM.

Pembubuhan bahan kimia dilakukan apada area IPAL pada unit koagulasi dan flokulasi. Bahan kimia yang digunakan adalah kapur, untuk menaikkan pH limbah mengandung krom, tawas dan polimer sebagai pembuat flok untuk diendapkan.



Gambar 4. 2 Bagan instalasi pengolahan air limbah

Sumber: PT ECCO Tannery Indonesia (2014)

BAB 5

PEMBAHASAN

5.1 Penentuan Kriteria Risiko

Risiko adalah penyimpangan hasil aktual dari hasil yang diharapkan (Herman, 2006). Berdasarkan deifinisi tersebut penyimpangan dalam penelitian ini adalah kuantitas air digunakan dalam industri penyamakan kulit yang kurang optimal. Industri kulit PT ECCO Tannery Indonesia memiliki kegiatan yang menggunakan air bersih dalam prosesnya. Terbagi menjadi dua area, yaitu area proses produksi dan area Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL).

Penggunaan air pada area proses produksi menggunakan sumber air dari PDAM Sidoarjo dan air sumur dalam. Air yang bersumber dari PDAM digunakan untuk proses produksi langsung seperti pada area *beam house* dan *tannery*. Sumber lainnya, yaitu air sumur dalam, digunakan untuk area IPAL, yaitu untuk pelarutan bahan kimia, pembersihan dan pertamanan.

Penggunaan air pada unit-unit produksi sudah melalui resep untuk pemrosesan kulit yang diberikan dari ECCO Tannery pusat. Terlebih lagi ECCO Tannery Indonesia sudah melakukan reduksi dalam penggunaan air bersih untuk proses produksi sejak tahun 2013 lalu. Berdasarkan wawancara dengan pihak industri, reduksi yang dilakukan di proses produksi tersebut mencapai 56,8 persen dimulai sejak awal tahun 2014. Penggunaan air bersih perminggu pada tahun 2014 hingga bulan September dapat dilihat pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 menunjukan beberapa unit yang menggunakan air dalam prosesnya. Penggunaan air pada unit-unit tersebut ada yang tergolong *open loop* atau aliran terbuka dan ada yang tergolong *close loop* atau aliran tertutup. Unit yang termasuk aliran terbuka adalah drum perendaman dan penyamakan yang ada pada area *beam house* yang artinya penggunaan air pada unit tersebut memiliki masukan dan keluaran. Unit yang termasuk aliran tertutup, yaitu *vacuum*, area *finishing*, *milling* dan air panas. Penggunaan air tersebut hanya menggunakan air sebagai proses pendukung, sebagai pendingin dan lain-lain, penggunaan air dengan aliran tertutup ini tidak mengeluarkan output air

buangan, air selalu diputar pada unit tersebut. Analisis penggunaan air pada industri ini hanya dilakukan pada unit dengan sistem aliran terbuka atau dengan kata lain unit yang memiliki masukan dan keluaran air secara kontinyu.

Tabel 5. 1 Penggunaan Air Bersih Untuk Unit Produksi di Area Proses Produksi

Minggu	PDAM ke Produksi	PDAM ke <i>Beamhouse</i>	PDAM ke <i>Retanning</i>	PDAM ke <i>Setting Out</i>	PDAM ke <i>Finishig</i>	PDAM ke Milling	City Water ke <i>Vacuum C032</i>	City Water ke <i>Vacuum C037</i>	PDAM ke <i>Sample drum area</i>	Air Panas ke Produksi	TOTAL
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
1	188	8	303	125	138	5	0	0	436	157	1.360
2	142	10	552	123	206	5	1	2	673	274	1.988
3	60	28	395	124	195	6	1	1	633	206	1.649
4	66	17	447	177	211	5	1	3	753	225	1.905
5	115	7	559	191	290	4	0	0	804	251	2.221
6	178	17	503	147	274	5	0	0	789	264	2.177
7	143	25	429	154	202	5	1	2	634	273	1.868
8	81	8	487	183	242	5	0	0	712	314	2.032
9	48	10	422	182	188	6	0	1	676	263	1.796
10	36	10	409	162	193	6	1	1	661	251	1.730
11	38	10	419	173	189	6	0	0	662	263	1.760
12	51	14	459	166	226	4	0	0	729	312	1.961
13	37	9	460	176	221	5	1	1	744	302	1.956
14	31	24	444	132	231	6	1	1	696	304	1.870
15	35	13	384	147	179	4	0	0	598	57	1.417
16	107	14	383	150	175	5	0	0	611	181	1.626
17	43	12	445	165	221	6	0	0	748	216	1.856
18	42	13	460	165	228	5	1	0	706	203	1.823
19	29	17	413	155	223	6	3	0	763	201	1.810
20	190	12	512	167	245	4	0	0	719	200	2.049
21	57	18	465	153	247	9	4	0	762	230	1.945
22	30	11	360	143	164	2	0	0	464	138	1.312

Minggu	PDAM ke Produksi	PDAM ke Beamhouse	PDAM ke Retanning	PDAM ke Setting Out	PDAM ke Finishig	PDAM ke Milling	City Water ke Vacuum C032	City Water ke Vacuum C037	PDAM ke Sample drum area	Air Panas ke Produksi	TOTAL
	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³	m³
23	64	15	492	205	219	5	0	0	735	224	1.959
24	47	14	507	214	221	8	1	0	661	302	1.975
25	78	11	643	261	293	5	1	0	788	296	2.376
26	59	12	485	247	223	7	2	0	711	170	1.916
27	68	12	496	214	212	5	5	0	688	159	1.859
28	27	9	454	191	204	4	0	0	651	191	1.731
29	35	9	512	216	232	7	1	0	774	229	2.015
30	18	9	239	109	94	3	0	0	312	101	885
31	14	23	80	30	35	10	2	0	144	49	387
32	31	8	448	220	181	3	2	0	653	214	1.760
33	43	6	574	299	227	7	0	0	821	214	2.191
34	44	4	549	311	200	8	1	1	824	237	2.179
35	59	5	763	359	346	4	3	0	993	247	2.779
36	47	11	637	332	255	6	0	0	816	228	2.332
37	43	10	615	297	275	8	1	1	845	241	2.336
38	53	10	625	322	271	5	0	0	917	259	2.462
39	74	16	598	288	276	10	0	3	864	259	2.388
40	36	10	505	253	226	7	1	0	743	249	2.030
41	39	15	492	248	219	7	0	0	761	238	2.019

Sumber: ECCO Tannery Indonesia (2014)

Selain pada unit-unit proses yang berhubungan langsung dengan proses produksi, penggunaan air bersih juga dilakukan pada area Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Analisis mengenai penggunaan air juga dilakukan pada area ini karena penggunaan air yang cukup besar juga terjadi di area ini. Penggunaan air sumur dalam untuk area IPAL dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Penggunaan Air Bersih Untuk Keperluan di IPAL

Minggu	Sumur Dalam ke IPAL (m^3)	Minggu	Sumur Dalam ke IPAL (m^3)
1	361	21	456
2	440	22	313
3	286	23	741
4	341	24	539
5	320	25	566
6	466	26	525
7	465	27	364
8	413	28	622
9	510	29	700
10	521	30	211
11	563	31	122
12	684	32	539
13	535	33	705
14	597	34	704
15	466	35	717
16	423	36	742
17	556	37	756
18	440	38	793
19	456	39	591

20	373	40	547
21	456	41	591

Sumber: ECCO Tannery Indonesia (2014)

Penggunaan air bersih di area IPAL terbagi menjadi tiga, yaitu untuk pelarutan bahan kimia, pertamanan, dan pembersihan. Masing-masing kegiatan memerlukan air bersih dengan jumlah yang cukup besar perbulannya (Tabel 5.3) Penggunaan air rata-rata di area IPAL perbulan dihitung sesuai peruntukannya, yaitu pertamanan dan pembersihan, juga pelarutan bahan kimia untuk pengolahan limbah (Tabel 5.3) Tabel 5.3 menunjukan bahwa rata-rata penggunaan air bersih di area IPAL setiap bulannya ada pada penggunaan air untuk pelarutan bahan kimia yang akan digunakan untuk proses koagulasi dan flokulasi pada unit pengolahan.

Tabel 5. 3 Alokasi penggunaan air di IPAL perbulan tahun 2014

Penggunaan Air Sumur Dalam di Area IPAL		
Bulan	Penggunaan untuk Pelarutan Bahan Kimia (m³)	Pertamanan dan Pembersihan (m³)
Januari	1.273	232
Februari	1.642	208
Maret	2.084	340
April	1.916	330
Mei	1.651	183
Juni	2.067	346
Juli	1.725	152
Agustus	2.454	311
September	2.860	251

Sumber: ECCO Tannery Indonesia (2014)

Pelarutan bahan kimia dilakukan untuk proses pengolahan air limbah mengandung krom secara kimiawi, yaitu dengan koagulasi dan flokulasi. Proses tersebut memerlukan air bersih untuk pelarutan bahan kimia sebelum di injeksikan ke air limbah. Ada 3 jenis bahan kimia yang digunakan pada IPAL di ECCO Tannery, yaitu Ca(OH)_2 atau kapur, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ atau alum dan polimer anionik.

Kapur, alum dan polimer anionik dilarutkan secara manual dengan memasukan air ke bak pengaduk sesuai dengan *shift* petugas di IPAL. Ketiga bahan kimia tersebut, mempunyai sejumlah berat masing-masing atau dosisnya masing-masing yang dilarutkan dengan air sebanyak 1m^3 setiap pelarutan (Tabel 5.4). Total penggunaan air perhari untuk pelarutan seharusnya sebesar 7m^3 sesuai dengan penggunaan yang telah ditentukan oleh PT ECCO Tannery sendiri. Berikut dosis penggunaan bahan kimia pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 4 Penggunaan Bahan Kimia untuk Proses Pengolahan Limbah

Chemical	Chemical Qty/dilution (Kg)	Water Qty/dilution (m3)	Freq/day	Chemical Qty/day (Kg)	Water Qty/day (m3)
Ca(OH)_2	50	1	3	150	3
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	200	1	2	600	2
Anionic Polymer	1	1	2	2	2

Sumber: ECCO Tannery Indonesia (2014)

Tabel 5. 5 Dosis Optimum Eksisting

Bahan Kimia	Dosis (mg/l)
Ca(OH)_2	140
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	1000

Bahan Kimia	Dosis (mg/l)
Anionic Polymer	0,4

Sumber: ECCO Tannery Indonesia (2014)

Penggunaan air untuk area IPAL, dimana penggunaan tersebut termasuk untuk pelarutan bahan kimia, sesuai perhitungan penggunaan air perminggu di ECCO Tannery menunjukan fluktuasi yang cukup signifikan dan terjadi pelonjakan penggunaan air tersebut sebesar 57% dari minggu ke 31, yaitu 122m³ perminggu, dibandingkan dengan minggu ke 33 yaitu 705m³ perminggu, sampai dengan minggu ke 38 yaitu 793m³ perminggu yang selanjutnya sampai minggu ke 41 yaitu 591m³ perminggu, akhir bulan september, persentase kenaikan sebesar 48% dari minggu ke 31. Penggunaan air yang besar dapat terlihat bahwa terjadi pada kegiatan pelarutan bahan kimia, dan jika dihitung rata-rata perbulan pemakaian dengan standar penggunaan air pelarut (Tabel 5.4) terdapat perbedaan jumlah yang besar.

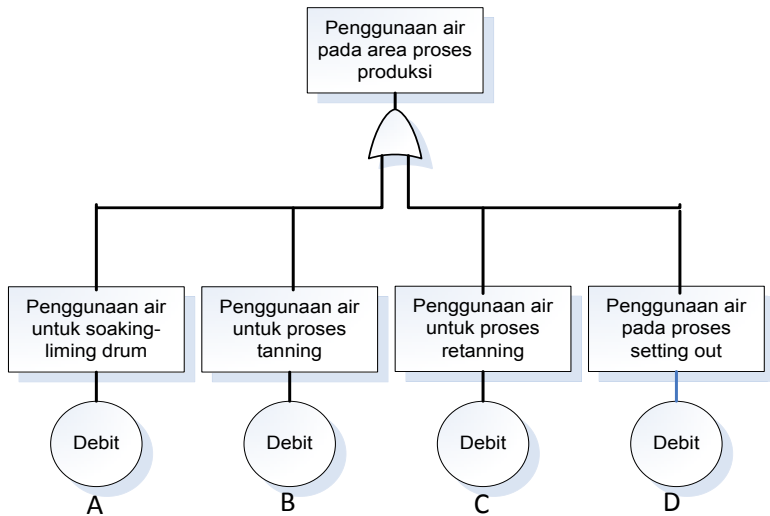
Kedua data kondisi penggunaan air dan berdasarkan hasil data pengamatan di lapangan bersama penanggungjawab area produksi penggunaan air bersih, di area produksi industri penyamakan kulit PT ECCO Tannery Indonesia, menunjukan penggunaan air bersih dengan volume yang besar. Kedua area tersebut adalah area produksi langsung, yaitu area proses penyamakan kulit dan area IPAL (area proses pengolahan limbah hasil proses produksi kulit).

5.2 Fault Tree Analysis

Beberapa penyebab besarnya penggunaan air pada industri penyamakan kulit sudah disebutkan sebelumnya. Faktor-faktor penyebab tersebut belum jelas tingkat risikonya dan faktor apakah yang menjadi prioritas perbaikan.

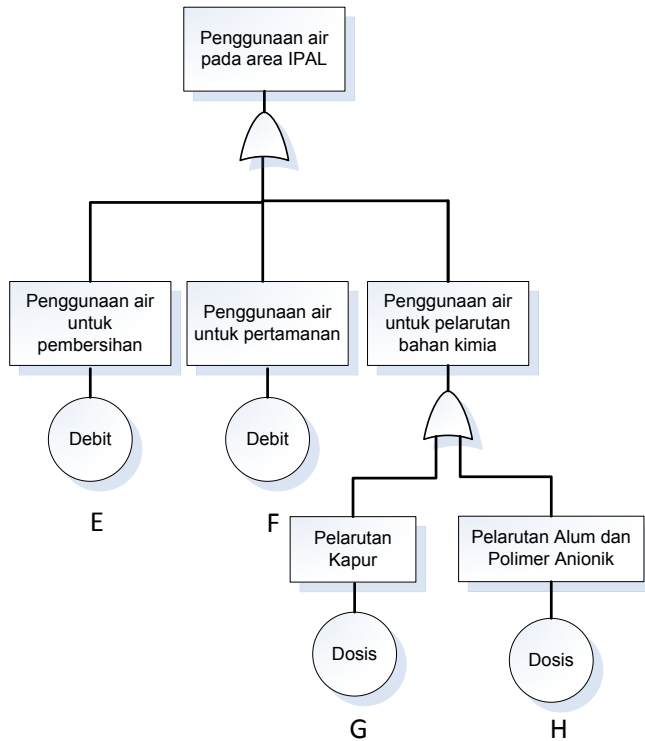
Fault Tree digambarkan dalam diagram logika. Analisis dengan diagram ini dilakukan untuk menentukan penyebab potensial dari suatu kegagalan sebuah sistem pada umumnya dan untuk memperkirakan peluang terjadinya sebuah kegagalan (Lewis, 1988). Berikut diagram *fault tree* pada permasalahan

dalam penelitian ini, penggunaan air bersih di PT ECCO Tannery dibagi menjadi dua diagram pohon kesalahan. Diagram pertama penggunaan air bersih yang bersumber dari PDAM (Gambar 5.1), yaitu pada area produksi kulit dan yang kedua adalah penggunaan air bersih yang bersumber dari sumur dalam atau air tanah, yaitu pada area IPAL (Gambar 5.2).



Gambar 5. 1 Diagram *Fault Tree Analysis* 1

Sumber: Hasil Pengumpulan Data (2014)



Gambar 5. 2 Diagram *Fault Tree Analysis* 2

Sumber: Hasil Pengumpulan Data (2014)

5.2.1 Perhitungan Frekuensi dan *Likelihood*

Frekuensi adalah jumlah kemungkinan atau peluang yang telah maupun diprediksi akan dapat terjadi. Penentuan frekuensi kejadian dan proses dari peristiwa risiko dilakukan bersama dengan pihak industri, yaitu *manager* produksi dan penanggung jawab area IPAL PT ECCO Tannery Indonesia, dimana mereka mengetahui kejadian riil dan semua peristiwa yang berkaitan antar elemen pada sistem produksi.

Peringkat bobot penilaian frekuensi kejadian dan frekuensi proses (Tabel 5.3) sebagai acuan dalam pemberian nilai yang hasil penentuannya dapat dilihat pada kuisisioner Lampiran A.

Tabel 5. 2 Bobot Penilaian Frkuensi Kejadian dan Frekuensi Proses

Nilai	Frekuensi		
	Proses (FP)	Kejadian (FK)	Keterangan
1	1 Tahun	>5 Tahun	Sangat Jarang
2	3 bulan - 1 tahun	1 - 5 Tahun	Jarang
3	1 - 3 Bulan	6 Bulan - 1 Tahun	Sedang
4	6 Hari - 1 Bulan	3 - 6 Bulan	Sering
5	Harian	1 -3 Bulan	Selalu

Sumber: Government of Western Australia (1999)

Likelihood adalah frekuensi kegagalan pada suatu risiko (Frame, 2003) dengan tingkatannya (Tabel 5.4). *Likelihood* merupakan kemungkinan dari suatu risiko yang muncul, penentuannya didasari oleh nilai probabilitas yang nantinya akan diperoleh. Penentuan *likelihood* dimulai dari kejadian akar sampai ke puncak kejadian atau *top event*. Selanjutnya, *likelihood* digunakan untuk pemetaan risiko.

5.2.2 Perhitungan Probabilitas

Risiko dapat berarti probabilitas terjadinya suatu kegiatan yang jika terjadi akan memberikan konsekuensi yang positif atau negatif terhadap suatu kegiatan. Perhitungan nilai probabilitas dilakukan dengan mengolah nilai frekuensi kejadian dan frekuensi

proses yang sudah ditetapkan untuk setiap faktor akar dari kejadian puncak.

Nilai probabilitas dihitung secara terpisah antara diagram FTA yang sumber air bersihnya berasal dari PDAM, yaitu untuk area produksi dan diagram FTA yang sumber air bersihnya berasal dari pengambilan air tanah. Keduanya akan memiliki nilai probabilitasnya masing-masing. Nilai probabilitas dihitung dengan rumus:

$$(P) = \frac{FP + FK}{\Sigma(FP + FK)} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil penentuan frekuensi dan perhitungan probabilitas untuk area produksi ada pada Tabel 5.4 dan untuk area IPAL ada pada Tabel 5.5 secara terpisah. Hasil probabilitas kemudian dimasukkan ke dalam formula matematis yang merupakan bentuk ekspresi logika kuantitatif dari analisis kuantitatif diagram pohon Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 diatas.

Frekuensi proses dan kejadian dari masing-masing faktor risiko. Berikut sub faktor dari setiap faktor:

5.2.2.1 Perhitungan Probabilitas disebabkan oleh Penggunaan Air pada Area Proses Produksi

Penggunaan air bersih di area proses produksi menggunakan sumber air dari PDAM. Perhitungan dilakukan berdasarkan diagram pohon FTA 1 diatas.

Tabel 5. 3 Frekuensi risiko disebabkan oleh faktor penggunaan di area proses produksi

Faktor Penyebab Risiko	Sub Faktor Penyebab level 1	Sub Faktor Penyebab level 2	Kode FTA	FP	FK	Probabilitas Faktor (%)
Penggunaan air di area proses	Penggunaan unit <i>soaking-liming drum</i>	Debit	A	5	1	23,1

Faktor Penyebab Risiko	Sub Faktor Penyebab level 1	Sub Faktor Penyebab level 2	Kode FTA	FP	FK	Probabilitas Faktor (%)
produksi	Penggunaan unit <i>tanning drum</i>	Debit	B	5	1	23,1
	Penggunaan unit <i>retanning drum</i>	Debit	C	5	2	26,9
	Penggunaan unit <i>setting out</i>	Debit	D	5	2	26,9
Jumlah				25	6	100

Sumber: Hasil kuisioner (2014)

Catatan:

FP=Frekuensi Proses

FK=Frekuensi Kejadian

Menghitung probabilitas faktor menggunakan persamaan berikut:

$$(P) = \frac{FP + FK}{\Sigma(FP + FK)} \times 100\%$$

Probabilitas debit di *soaking-liming drum*

$$P(A) = \frac{5 + 1}{\Sigma(25 + 6)} \times 100\% = 23,31\%$$

Demikian seterusnya untuk faktor-faktor lainnya.

Setelah membuat diagram pohon dan memberikan bobot penilaian pada masing-masing faktor, dibuatlah sebuah formulasi matematik yang merupakan ekspresi logika dari analisis kualitatif *fault tree*.

$$\begin{aligned}
 P_{ap} &= P_{sd} + P_{td} + P_{rd} + P_{so} \\
 &= \{P_{de}\} + \{P_{de}\} + \{P_{de}\} + \{P_{de}\} \\
 &= 0.231 + 0.231 + 0.269 + 0.269 \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan matematis diatas menunjukan besaran nilai faktor unit produksi adalah sebesar 1. Angka ini menunjukan bahwa memang hubungan antara satu unit produksi dengan unit produksi lainnya memiliki perbedaan dalam pemakaian air, dalam proses yang dilakukan sehingga semua faktor mempengaruhi penggunaan air berdiri secara individu atau secara kualitatif digambarkan dengan lambang “atau” yang dimana secara matematika diartikan dengan tanda tambah untuk perhitungannya. Penambahan seluruh nilai probabilitas itulah yang membuat nilai total probabilitas menjadi 1 atau 100%. Nilai yang tidak 100% menunjukan bahwa beberapa faktor terjadi bersamaan untuk mempengaruhi faktor lainnya sehingga lambang kualitatif yang digunakan adalah “dan” yang secara formula matematis menunjukan pengalihan dari nilai faktor-faktor risiko dan hal tersebut membuat nilai probabilitas tidak sepenuhnya menjadi 100%.

Pada interval peringkat *likelihood* maka keseluruhan subkomponen faktor unit produksi termasuk kategori *almost certain*. Hal tersebut menunjukan bahwa faktor unit produksi merupakan faktor yang dilakukan diperkirakan hampir pasti menimbulkan risiko pada lingkungan sekitar.

5.2.2.2 Perhitungan Probabilitas disebabkan oleh Penggunaan Air pada Instalasi Pengolahan Air Limbah

Penggunaan air bersih di area proses produksi menggunakan sumber air dari sumur dalam. Perhitungan dilakukan berdasarkan diagram pohon FTA 2 diatas.

Tabel 5. 4 Frekuensi Risiko Disebabkan Oleh Faktor Penggunaan Di Area IPAL

Faktor Penyebab Risiko	Sub Faktor Penyebab level 1	Sub Faktor Penyebab level 2	Sub Faktor Penyebab level 3	Kode FTA	FP	FK	Probabilitas Faktor (%)
Penggunaan air di area Water Treatment Plant	Penggunaan untuk pemberian	Debit		E	3	2	16,7
	Penggunaan untuk pertamanan	Debit		F	5	2	23,3
	Penggunaan untuk pelarutan bahan kimia	Pelarutan Kapur	Dosis	G	5	4	30
		Pelarutan Alum dan Pelarutan polimer Anionik	Dosis	H	5	4	30
Jumlah					18	12	100

Sumber: Hasil kuisioner (2014)

Setelah membuat diagram FTA dan memberikan bobot penilaian pada masing-masing faktor, dibuatlah sebuah formulasi matematik sama seperti diagram FTA sebelumnya.

$$\begin{aligned}
 P_{ap} &= P_{pr} + P_{gr} + P_{pk} \\
 &= \{P_{de}\} + \{P_{de}\} + \{(P_{de} + P_{de})\} \\
 &= \{0.167\} + \{0.233\} + \{(0.3 + 0.3)\} \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

Hasil dari perhitungan matematik diatas menunjukan besaran nilai faktor unit produksi adalah sebesar 100. Pada interval peringkat *likelihood* maka keseluruhan subkomponen faktor unit produksi termasuk kategori *almost certain* Hal tersebut menunjukan bahwa faktor unit produksi merupakan faktor yang dilakukan diperkirakan hampir pasti menimbulkan risiko pada lingkungan sekitar.

5.2.3 Penentuan *Consequence*

Akibat dari suatu kejadian yang biasanya dinyatakan sebagai kerugian suatu kejadian disebut *consequence*. *Key performance index* (KPI), yang telah ditetapkan sebagai subyek fokus pencapaian dan berdasarkan *assessment* bersama PT ECCO Tannery Indonesia, dijadikan acuan dalam menentukan *consequence*.

Key performance index atau KPI ditentukan untuk masing-masing area dengan kesepakatan bahwa rata-rata pemakaian air selama 41 minggu, sebagai standar dari pemakaian air. Berdasarkan konsumsi selama 41 minggu yang tertera pada lampiran A, area produksi memiliki rata-rata perminggu sebesar 1.894,9m³. Area IPAL memiliki rata-rata perminggu sebesar 513,7 m³ seperti terlihat pada Tabel 5.1 penggunaan air di IPAL perminggu pada tahun 2014. Jumlah data yang melebihi KPI dapat dilihat pada lampiran B. Nilai *consequence* dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\frac{\sum \text{data (KPI > standart KPI)}}{\text{jumlah data total}} \times 100\%$$

Nilai *consequence* akan menunjukkan termasuk dalam kategori manakah (Tabel 5.6) untuk masing-masing faktor. Berikut hasil perhitungan nilai *consequence* dari area proses:

$$\text{Faktor Area Produksi} = \frac{23}{41} \times 100\% = 56\%$$

(Kategori *Medium*)

Adapun hasil perhitungan nilai *consequence* dari area IPAL adalah sebagai berikut:

$$\text{Faktor Area WWTP} = \frac{22}{41} \times 100\% = 54\%$$

(Kategori *Medium*)

Tabel 5.6 Kategori dan interval nilai *consequence*

Kategori	Penjelasan	Range Nilai
Negligable	Konsekuensi risiko yang terjadi tidak perlu dikuatirkan	$\leq 10\%$
Low	Konsekuensi risiko kecil tetapi memerlukan usaha penanganan untuk mengurangi risiko yang terjadi seperti penanganan setempat.	10 - 30%
Medium	Konsekuensi risiko sedang oleh karena itu diperlukan pengelolaan berdasarkan prosedur normal.	31 - 60%
High	Konsekuensi yang terjadi relatif besar terhadap lingkungan oleh karena itu diperlukan pengelolaan yang intensif dalam penanganannya.	61 - 80%

Kategori	Penjelasan	Range Nilai
Extreme	Konsekuensi risiko yang terjadi sangat besar	$\geq 80\%$

Sumber: Government of Western Australia (1999)

5.2.4 Pemetaan

Matriks kategori tingkatan risiko dibuat dengan sumbu X sebagai kategori *consequence* dan sumbu Y adalah *likelihood*. Peta risiko didapatkan dari hasil perhitungan probabilitas dan dengan nilai interval *consequence* seperti terlihat pada Tabel 5.7 dimana:

Severe: Harus dikelola dengan rencana yang detail oleh manajemen, karena risiko hampir selalu terjadi dan memiliki konsekuensi yang sangat riskan bagi keberlangsungan perusahaan dan menyebabkan masalah yang besar bagi perusahaan.

High: Memerlukan penelitian lebih detail dan perencanaan manajemen pada tingkat senior. Konsekuensinya mengancam kelangsungan suatu operasi yang efektif dari suatu aktivitas dan memerlukan campur tangan manajemen *top level*.

Major: Memerlukan perhatian manajemen senior. Konsekuensinya tidak mengancam aktivitas tetapi akan memperburuk suatu aktivitas sehingga perlu dilakukan telaah atau perubahan cara beroperasi.

Significant: Memerlukan alokasi tanggung jawab manajemen yang spesifik

Moderate: Memerlukan prosedur reaksi atau pengawasan yang spesifik.

Low: Dapat dikelola dengan prosedur operasional yang rutin.

Trivial: Tidak memerlukan penggunaan sumber daya yang spesifik atau dapat dikelola dgn pemecahan yang mudah dan cepat.

Berikut hasil dari pemetaan risiko untuk penggunaan air bersih di industri kulit untuk faktor di area produksi dan area IPAL.

Tabel 5.7 Matriks kategori tingkatan risiko

		Consequence				Negli- gable
		Extreme	High	Medium	Low	
Proba- bility	Almost Certain	Severe	Severe	High	Major	Trivial
	Likely	Severe	High	Major Area produksi dan area IPAL	Signi- ficant	Trivial
	Mode- rate	High	Major	Signifi- cant	Mode- -rate	Trivial
	Unlike	Major	Signifi- cant	Moderate	Low	Trivial
	Rare	Signifi- cant	Mode- -rate	Low	Trivial	Trivial

Sumber: Government of Western Australia (1999)

Hasil pemetaan menunjukan risiko tertinggi ada pada kedua area dengan kategori *major*, memerlukan perhatian manajemen senior. Konsekuensinya tidak mengancam aktivitas tetapi akan memperburuk suatu aktivitas sehingga perlu dilakukan telaah atau perubahan cara beroperasi.

Optimasi dapat dilakukan pada kedua area tersebut, namun berdasarkan hasil wawancara dan diskusi dengan pihak industri, urgensi tertinggi dalam mengoptimalkan penggunaan air bersih ada pada pelarutan bahan kimia untuk proses di IPAL. Hal tersebut diputuskan atas dasar bahwa nilai probabilitas tertinggi diantara semua faktor yang ada dari kedua area tersebut ada pada pelarutan bahan kimia, sebesar 30% masing-masing. Nilai tersebut menunjukkan probabilitas tertinggi, dari salah satu faktor dalam besarnya penggunaan air bersih, ada pada kejadian pelarutan bahan kimia di area IPAL. Alasan lainnya yang menjadi dasar pengambilan keputusan ini adalah penggunaan air untuk pelarutan tersebut digunakan berdasarkan dosis optimum yang diuji 15 tahun lalu, belum pernah ada uji dosis optimum kembali selama rentang waktu tersebut. Dosis optimum berkemungkinan sudah mengalami perubahan dan dari perubahan tersebut ada peluang jumlah pemakaian air pelarut yang juga berubah.

5.3 Optimasi

Setelah melakukan analisis dengan menggunakan diagram pohon *fault tree* dan pemetaan kriteria tingkatan risiko, diperoleh bahwa faktor yang paling penting untuk mengoptimalkan penggunaan air di area operasi industri kulit yaitu mengoptimalkan penggunaan air pada area IPAL. Pelarutan bahan kimia yang dilakukan di area IPAL menjadi prioritas dalam pengoptimalan penggunaan air bersih. Ada dua prioritas dari komponen faktor tersebut, yaitu pelarutan kapur, memiliki nilai *likelihood* sebesar 30% begitu juga dengan pelarutan alum dan polimer memiliki nilai *likelihood* sebesar 30%. Kedua faktor tersebut memiliki nilai tertinggi yang kemudian dijadikan prioritas optimasi penggunaan air bersih di area operasi industri kulit.

Selanjutnya dilakukan tindakan optimasi berdasarkan hasil pemetaan diatas, yaitu optimasi penggunaan air bersih untuk pelarutan bahan kimia sebagai kebutuhan instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Hasil wawancara dan diskusi dengan penanggungjawab di area IPAL menunjukkan dosis optimum bahan kimia yang diinjeksikan ke IPAL. Dosis tersebut adalah dosis optimum yang di uji lima belas tahun yang lalu, dimana semua pelarutan langsung dilakukan pada bak berukuran 1m^3 dengan jumlah bahan kimia masing-masing (Tabel 5.8).

Hasil kesepakatan dengan pihak manajemen, dosis tersebut dirasa sudah terlalu lama dipakai dan diperlukan evaluasi dalam penggunaannya. Evaluasi dengan mencari dosis optimum yang baru diharapkan dapat mengoptimalkan juga penggunaan air bersih sebagai pelarut bahan kimia tersebut.

Tabel 5. 8 Penggunaan bahan kimia untuk IPAL

Bahan kimia	Pelarutan (Kg/m ³)	Frekuensi perhari	Total jumlah digunakan per hari (Kg)	Total jumlah penggunaan air perhari (m ³)
Kapur	50	3	15	3
Tawas	200	2	400	2
Polimer	1	2	2	2

Sumber: ECCO tannery Indoensia (2014)

Sebelum melakukan uji dosis optimum di uji terlebih dahulu kualitas limbah sebelum masuk ke bak ekualisasi (Tabel 5.9), yaitu sebelum masuk ke bak koagulasi dan flokulasi agar mengetahui perbedaan kualitas limbah sebelum proses koagulasi dan flokulasi dan sesudahnya. Seberapa besar reduksi setiap parameter kualitas limbah setelah dilakukan uji dosis optimum.

Tabel 5. 9 Kualitas limbah sebelum bak ekualisasi

Parameter	Hasil Analisa
pH	4
TSS	1.920,00
COD (mg/l)	3.712,00
BOD (mg/l)	1.780,00
Sulfida (Sebagai H ₂ S)	3,21
Amonia Total	366,25
Total Kromium (mg/l)	50,76
Minyak dan Lemak	78,00

Sumber: Hasil analisa laboratorium (2014)

Selanjutnya dilakukan uji dosis optimum di laboratorium menggunakan metode jartes (Gambar 5.4). Uji dosis dilakukan terhadap kapur (Tabel 5.10), alum dan polimer (Tabel 5.11)



Gambar 5. 3 Uji dosis optimum menggunakan jartes

Tabel 5. 10 Hasil uji dosis optimum kapur

No. Sampel	1	2	3	4	5	6
Sampel (ml)	500	500	500	500	500	500
Kapur (gr)	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
pH	11	11,6	11,8	12,1	12,15	12,25
Tawas 10% (ml)	2	2	2	2	2	2
Polimer 0,01% (ml)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
pH	10.2	11.4	11.8	12	12.1	12.2

Sumber: Hasil analisa laboratorium (2014)

Hasil uji optimum kapur dengan melakukan perbedaan beberapa dosis, untuk sampel pertama diberikan kapur sebanyak 0,75gr dan bertambah 0,25gr sampai sampel ke-6 dengan dosis tawas dan polimer yang tetap. Penggunaan kapur dimaksudkan untuk membuat air limbah dengan kondisi basa agar pembuatan flok dapat optimal setelahnya. Hasil pengadukan menunjukkan sampel ke-4 memiliki penampakan fisik yang paling baik, warna jernih, lebih cepat mengendap dan pH mencapai 12, keadaan basa. Maka dipilihlah dosis optimum kapur 1,5gr per 500ml sampel, yang artinya 3gr/L sampel.

Setelah didapatkan dosis optimum kapur dilakukan uji dosis optimum untuk tawas dan polimer dengan membedakan besar dosis tawas dan polimer (Tabel 5.11).

Tabel 5. 11 Hasil Uji dosis optimum tawas dan polimer

No. Sampel	1	2	3	4	5	6
Sampel (ml)	500	500	500	500	500	500
Kapur (gr)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
pH	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
Tawas 10% (ml)	3	4	5	6	7.5	10
Polimer 0,01% (ml)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
pH	12	11.5	11.9	11.85	11.75	11.5

Sumber: Hasil analisa laboratorium (2014)

Hasil uji optimum tawas dan polimer (Gambar 5.4) didapatkan pada sampel ke-2, yaitu 4ml per 500ml sampel atau 8ml/L sampel. Dosis optimum untuk polimer yaitu 0.3 ml per 500ml sampel atau 0.6ml/L sampel. Hasil uji dosis pada sampel tersebut menunjukkan penampakan fisik sampel dengan warna yang jernih, endapan terbanyak, waktu mengendap yang paling cepat dan pH mencapai basa (Gambar 5.5). Dosis tersebut juga

tidak terlalu banyak menghabiskan bahan kimia yang dilarutkan seperti keempat sampel lainnya.



Gambar 5. 4 Hasil jartes 6 sampel limbah



Gambar 5. 5 Sampel ke-2 setelah jartes

Setelah didapatkan hasil dosis optimum kemudian dilakukan perhitungan pembuatan larutan. Perhitungan ini yang selanjutnya akan menunjukkan jumlah penggunaan air untuk pelarutan dan jumlah bahan kimia yang harus digunakan perhari. Hasil ini dibandingkan dengan kondisi pelarutan eksisting yang ada di PT ECCO Tannery Indonesia. Perhitungan dilakukan

dengan menghitung banyaknya air pelarut yang digunakan dan bahan kimia yang digunakan perhari hasil dari uji dosis optimum yang baru (Tabel 5.12).

Tabel 5. 12 Dosis optimum kapur, tawas dan polimer

Bahan Kimia	Dosis	Dosis (mg/l)
Kapur	3 gr/L	3000mg/l
Tawas (10%)	8ml	800
Polimer (0.01%)	0,6ml	0,06

Sumber: Hasil analisa laboratorium (2014)

Hasil uji tersebut menunjukkan dosis tawas sebesar 800 mg/L atau 0,8 gr/L dimana menurut penelitian Said(2009) efektifitas Aluminium sulfat menurun jika dosis melebihi 1gr/L, artinya penggunaan Aluminium sulfat berlebihan adalah tidak efektif. Setelah menggunakan dosis yang baru diuji terlebih dahulu kualitas limbahnya (Tabel 5.13.)

Tabel 5.13 Kualitas limbah setelah uji dosis optimum

Parameter	Hasil Analisa
pH	11,95
TSS	20.000,00
COD (mg/l)	2.080,00
BOD (mg/l)	998,00
Sulfida (Sebagai H₂S)	0,18
Amonia Total	6,12
Total Kromium (mg/l)	11,15
Minyak dan Lemak	12,00

Sumber: Hasil analisa laboratorium (2014)

Target dari PT ECOO Tannery menetapkan reduksi konsentrasi pencemar setelah proses koagulasi dan flokulasi mencapai 20% untuk parameter BOD dan COD, pH minimal 7,5, dan reduksi krom sebesar 90%. Hasil uji pada tabel 5.13 diatas menunjukkan reduksi parameter BOD dan COD mencapai 44% dan hanya mencapai 78% untuk parameter krom.

Reduksi krom tidak sesuai dengan target yaitu lebih dari 90%, hal ini disebabkan oleh pH basa mencapai 12,1 saat pemberian Ca(OH)_2 . Pemberian kapur sebagai pengendap krom menjadi Cr(OH)_3 dan pembuat pH menjadi basa, namun menurut penelitian Asmadi, dkk (2009) krom dapat mengendap dengan sempurna pada keadaan pH 8-10 pemisahan krom mencapai 99,28% pada pH 8 dan cenderung tetap pada pH 9 dan 10. Namun setelah pH mencapai 11 efisiensi menurun menjadi 97,36%.

Setelah proses koagulasi dan flokulasi masih ada unit pengolahan lain seperti sedimentasi dan aerasi yang diharapkan dapat mereduksi parameter tersebut sampai memenuhi baku mutu saat keluar ke badan air.

5.4 Perhitungan Penggunaan Air Pelarut

Setelah didapatkan dosis optimum, dihitung penggunaan air pelarut dan bahan kimia untuk penginjeksian ke IPAL dengan pelarutan yang baru. Dosis masing-masing bahan kimia dari hasil uji optimum dapat dihitung penggunaannya perhari sebagai kebutuhan pengolahan dan sesuai dengan debit limbah yang di olah. Debit limbah perhari yang di olah oleh IPAL PT ECCO Tannery Indonesia adalah $700\text{m}^3/\text{hari}$ atau $8,1\text{L}/\text{detik}$.

Hasil perhitungan dari penggunaan masing-masing bahan kimia dapat dilihat pada Tabel 5.14. Detil perhingan masing-masing penggunaan air pelarut terlampir pada lampiran C.

Tabel 5. 14 Penggunaan bahan kimia dan air pelarut

Bahan Kimia	Jumlah per-hari (Kg)	(F)	Jumlah bahan kimia perpelarutan (Kg)	Air pelarut per pelarutan (L)	Air Pelarut (L)	Air Pelarut (m ³)
Kapur	210	3	70	700	2100	2,1
Tawas	560	3	200 - 160	50 - 40	1400	1,4
Polimer	0.2	1	0,2	105	105	0,1
Total						3,6

Penggunaan air total untuk pelarutan yang ada sekarang (Tabel 5.8) adalah 7m³ per hari dengan rata-rata perminggu 49m³. Setelah menggunakan dosis yang baru penggunaan air tereduksi, dengan penggunaan air pelarut total menjadi 3,6m³ per hari yang artinya perminggu sebesar 25,2 m³. Terlihat perbandingan antara penggunaan air untuk pelarutan di PT ECCO Tannery Indonesia saat ini dengan penggunaan air untuk dosis yang baru pada tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Perbandingan volume air pelarut

Bahan Kimia	Penggunaan Bahan Kimia (Kg/hari)		Penggunaan Air (m ³ /hari)	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
Kapur	150	210,0	3	2,1
Tawas	400	560	2	1,4
Polimer	2	0.21	2	0,1
Total			7	3,6

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Hasil dari *Fault Tree Analysis* menunjukkan bahwa penyebab utama besarnya penggunaan air bersih di industri kulit, ECCO Tannery Indonesia, adalah pada area IPAL, khususnya pada kejadian pelarutan bahan kimia. Hasil pemetaan risiko dari akar masalah tersebut tergolong *major*. Urutan peringkat bobot faktor risiko pada area proses produksi dan area IPALimbang pada pemetaan risiko, namun pada faktor pelarutan bahan kimia di area IPAL mencapai 30% nilai probabilitasnya, tertinggi diantara semua faktor, maka pada faktor tersebutlah dilakukan optimasi.

Tindakan prioritas optimasi dilakukan untuk kuantitas penggunaan air bersih yaitu, uji kembali dosis optimum dan melakukan perhitungan kembali jumlah air yang digunakan untuk pelarutan bahan kimia pada dosis tersebut. Penggunaan air pelarut yang baru yaitu sebesar 3,6 m³ perhari dibandingkan dengan sebelumnya yaitu sebesar 7m³ perhari. Maka reduksi penggunaan air setiap harinya sebesar 3,4m³.

6.2 Saran

Penurunan kandungan krom tidak mencapai target dari ECCO Tannery Indonesia, yaitu sebesar 90% reduksi setelah proses koagulasi flokulasi, maka dapat dilakukan simulasi pada IPAL langsung penggunaan dosis optimum yang baru tersebut. Selanjutnya di uji kualitas limbah di *outlet* sebelum masuk ke badan air, apakah memenuhi baku mutu lingkungan atau tidak untuk parameter krom.

Kualitas limbah dengan dosis koagulan dan flokulan pembeda harus di uji laboratorium persampel agar mengetahui lebih spesifik kualitas limbah hasil masing-masing dosis sesuai parameter kualitas limbah selain penampakan fisiknya.

"Halaman ini sengaja dikosongkan."

DAFTAR PUSTAKA

- Apsari, Mayang Nudya. 2013. **Thesis: Analisis risiko dan Optimasi Kualitas Air Produksi Instalasi Pengolahan Air ngagel** I. Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Asmadi, Endro.S, W. Oktiawan. 2009. "Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit pada proses Tannert Menggunakan senyawa alkali Ca(OH)_2 , NaOH dan NaHCO_3 (Studi Kasus: PT Trimulyo Kencana Mas Semarang)", **JAI** Vol 5. NO.1 2009
- Australian/New Zealand Standards.1999. **Risk Management**.
- Better, M., Glover, F., Kochenberger, G., Wang, H.2008."Simulation Optimization: Applications In Risk Management". **International Journal of Information Technology & Decision Making**, 7, 4:571-587
- Bishop, PL. 2000.**Pollution Prevention:Fundamentals and Practice**. Boston: McGraw-Hil.
- Cooper, D.F. 2004. **Tutorial Notes: The Australian&Newzeland Standard on Risk Management**, AS/NZS 4369-2994, <http://www.broadleaf.com.au>
- Clemens, P.L. 1993.**Fault Tree Analysis 4th Edition**.
- Fachrudin, Arief.2010.**Skripsi: Analisis Kegagalan Pemeliharaan AC sentral dengan metode Fault Tree Analysis (FTA)**.Jurusan Teknik Industri: Universitas Indonesia
- Frame, J.D.2003. **Managing Risk in Organisations-A Guide for Managers**. San Francisco: Jossey Bass-A willwy imprint

Goldberg, F. F.; Haas, D. F.; Vesely, W. E.; Roberts, N. H. 1981. **Fault Tree Handbook**.

Government of Western Australia. 1999. **Guidelines for Managing Risk in The Western Australia Public Sectors**

Herman, D. 2006. **Manajemen Risiko**. Bumi Aksara: Jakarta

Andrews, J. 2012. **Intoduction to Fault Tree Analysis**. Nottingham University: England

Kottegeda, N. T., Rosso, R. 2008. **Applied Statistic for Civil and Environmental Engineers**. 2nd Edition. Blackwell Publishing Ltd: Italy

Li, H. 2007. **Hirearchical Risk Assessment of Water Supply Systems, Submitted for the degree of Doctor of Philosophy**. Loughborough: Loughborough University

Merrit, James W. 2000. **CISSP A Method for Quantitative Risk Analysis**: WANG GLOBAL, July

Monteiro, P., Gutierrez, M., Trierweiler, J. 2009. **Assessment Of Water Management In Tanneries: State Of Rio Grande do Sul case study**. Federal University of Rio Grande do Sul: Chemical Engineering Departement.

Pollard, S.J.T, Strutt J.E., MacMacGillivray, B.H., Hamilton, P.D., Hudrey, S.E. (2004), "Risk Analysis and Management in the water Utility Sector-A Review of Drivers, Tools and Techniques." **Process Safety and Environmental Protection**, 82: 1-10

Qomaruddin. 2012. **Thesis: Analisis risiko pada clearator IPAM Karang Pilang III PDAM Surya Sembada Kota Surabaya**. Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Said, Muhammad. 2009." Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC)", **Jurnal Penelitian Sains**, 09:12-08

Steven L.C, Martin S.F., Kenneth A.H. 2001. DDP – A Tool for Life Cycle Risk Management. **IEEE Aerospace Conference Proceeding**, Big Sky, Montana.

Susanto, Tedy dan Sarwadi April. 2006. "Optimasi Produksi Dan Pengendalian Bahan Baku Studi Kasus Pada Pt. Joshua Indo Export".**Jurnal Matematika** 9, 1:133-138

Umar, H.2001. **Manajemen Risiko Bisnis Pendekatan Finansial dan Nonfinansial**.Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

[UNIDO] United Nations of Industrial Development Organization. 2000a. **Chrome Balance In Leather Processing**, Hal. 3.

[UNIDO] United Nation. 2000b. **Mass Balance in Leather Processing**

Wardhana,Ocky Viddya. 2011. **Skripsi: Kajian Strategi Produksi Bersih pada Kawasan Industri Penyamakan Kulit di Garut**.Departemen Teknologi Industri Pertanian: Institut Pertanian Bogor.

LAMPIRAN A - KUISIONER PERHITUNGAN PROBABILITAS

PETUNJUK PENGISIAN

PENENTUAN FREKUENSI PROSES DAN FREKUENSI KEJADIAN

Petunjuk:

Mohon Bapak/Ibu menjawab pertanyaan yang sama untuk masing-masing sub komponen pada tabel dibawah. Cara menjawab dengan memilih nilai yang telah tersedia. Keterangan dari pemilihan nilai tersebut adalah sebagai berikut:

Nilai	Frekuensi		
	Proses (FP)	Kejadian (FK)	Keterangan
1	1 Tahun	>5 Tahun	Sangat Jarang
2	3 bulan - 1 tahun	1 - 5 Tahun	Jarang
3	1 - 3 Bulan	6 Bulan - 1 Tahun	Sedang
4	6 Hari - 1 Bulan	3 - 6 Bulan	Sering
5	Harian	1 -3 Bulan	Selalu

Pertanyaan berlaku pada kejadian-kejadian yang telah terjadi pada PT ECCO Tannery Indonesia dan juga prediksi kejadian yang dapat terjadi berdasarkan pengalaman Bapak/Ibu dalam menangani permasalahan kuantitas penggunaan air bersih khususnya di area industri penyamakan kulit.

Peringkat	Frekuensi	Penjelasan
1	Jarang	Kegiatan yang dilakukan jarang dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
2	Kemungkinan Kecil	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan kemungkinan dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
3	Kemungkinan Sedang	Kegiatan yang dilakukan kemungkinan sedang dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
4	Kemungkinan Besar	Kegiatan yang dilakukan diperkirakan besar kemungkinan dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar
5	Selalu	Kegiatan yang dilakukan hampir pasti dapat menimbulkan risiko terhadap lingkungan sekitar. Merupakan peringkat tertinggi.

“Jawaban yang jujur dan obyektif akan sangat membantu dalam keefektifan penentuan risiko dan penanganan yang tepat untuk masalah kuantitas penggunaan air bersih di area industri kulit PT ECCO Tannery Indonesia.”

Terimakasih

LAMPIRAN A - KUISIONER PERHITUNGAN PROBABILITAS

Faktor Penyebab Risiko	Sub Faktor Penyebab level 1	Sub Faktor Penyebab level 2	Kode FTA	FP	FK	Probabilitas Faktor (%)
Penggunaan air di area proses produksi	Penggunaan unit <i>soaking-liming drum</i>	Debit	A	5	1	23,31
	Penggunaan unit <i>tanning drum</i>	Debit	B	5	1	23,31
	Penggunaan unit <i>retanning drum</i>	Debit	C	5	2	26,9
	Penggunaan unit <i>setting out</i>	Debit	D	5	2	26,9
Jumlah				25	6	100

Faktor Penyebab Risiko	Sub Faktor Penyebab level 1	Sub Faktor Penyebab level 2	Sub Faktor Penyebab level 3	Kode FTA	FP	FK	Probabilitas Faktor (%)
Penggunaan air di area IPAL	Penggunaan untuk pembersihan	Debit		F	3	2	16.7
	Penggunaan untuk pertamanan	Debit		G	5	2	23.3
	Penggunaan untuk pelarutan bahan kimia	Pelarutan Kapur	Dosis	H	5	4	30
		Pelarutan Alum dan Polimer Anionik	Dosis	I	5	4	30
Jumlah					18	12	100

LAMPIRAN B

Data pendukung perhitungan nilai *consequence*

A. Data penggunaan air di area produksi

Minggu	PDAM ke Produksi	PDAM ke <i>Beamhouse</i>	PDAM ke <i>Retanning</i>	PDAM ke <i>Setting Out</i>	PDAM ke <i>Finishig</i>	PDAM ke Milling	City Water ke <i>Vacuum C032</i>	City Water ke <i>Vacuum C037</i>	PDAM ke <i>Sample drum area</i>	Air Panas ke Produksi	TOTAL
	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	
1	188	8	303	125	138	5	0	0	436	157	1360
2	142	10	552	123	206	5	1	2	673	274	1988
3	60	28	395	124	195	6	1	1	633	206	1649
4	66	17	447	177	211	5	1	3	753	225	1905
5	115	7	559	191	290	4	0	0	804	251	2221
6	178	17	503	147	274	5	0	0	789	264	2177
7	143	25	429	154	202	5	1	2	634	273	1868
8	81	8	487	183	242	5	0	0	712	314	2032
9	48	10	422	182	188	6	0	1	676	263	1796
10	36	10	409	162	193	6	1	1	661	251	1730
11	38	10	419	173	189	6	0	0	662	263	1760
12	51	14	459	166	226	4	0	0	729	312	1961
13	37	9	460	176	221	5	1	1	744	302	1956
14	31	24	444	132	231	6	1	1	696	304	1870
15	35	13	384	147	179	4	0	0	598	57	1417
16	107	14	383	150	175	5	0	0	611	181	1626
17	43	12	445	165	221	6	0	0	748	216	1856
18	42	13	460	165	228	5	1	0	706	203	1823
19	29	17	413	155	223	6	3	0	763	201	1810
20	190	12	512	167	245	4	0	0	719	200	2049

LAMPIRAN B

21	57	18	465	153	247	9	4	0	762	230	1945
22	30	11	360	143	164	2	0	0	464	138	1312
23	64	15	492	205	219	5	0	0	735	224	1959
24	47	14	507	214	221	8	1	0	661	302	1975
25	78	11	643	261	293	5	1	0	788	296	2376
26	59	12	485	247	223	7	2	0	711	170	1916
27	68	12	496	214	212	5	5	0	688	159	1859
28	27	9	454	191	204	4	0	0	651	191	1731
29	35	9	512	216	232	7	1	0	774	229	2015
30	18	9	239	109	94	3	0	0	312	101	885
31	14	23	80	30	35	10	2	0	144	49	387
32	31	8	448	220	181	3	2	0	653	214	1760
33	43	6	574	299	227	7	0	0	821	214	2191
34	44	4	549	311	200	8	1	1	824	237	2179
35	59	5	763	359	346	4	3	0	993	247	2779
36	47	11	637	332	255	6	0	0	816	228	2332
37	43	10	615	297	275	8	1	1	845	241	2336
38	53	10	625	322	271	5	0	0	917	259	2462
39	74	16	598	288	276	10	0	3	864	259	2388
40	36	10	505	253	226	7	1	0	743	249	2030
41	39	15	492	248	219	7	0	0	761	238	2019
Rata-rata	64.0	12.6	473.8	197.0	217.0	5.7	0.9	0.4	699.4	224.2	1894.9
s.d Sept 2014							Jumlah data > rata-rata			23	
							Prosentase kategori <i>consequence</i>			56%	

Sumber: PT ECCO TANNERY Indonesia 2014

LAMPIRAN B

B. Data penggunaan air di area IPAL

Minggu	Air Tanah ke area IPAL (m ³)	Minggu	Air Tanah ke area IPAL (m ³)
1	361	21	456
2	440	22	313
3	286	23	741
4	341	24	539
5	320	25	566
6	466	26	525
7	465	27	364
8	413	28	622
9	510	29	700
10	521	30	211
11	563	31	122
12	684	32	539
13	535	33	705
14	597	34	704
15	466	35	717
16	423	36	742
17	556	37	756
18	440	38	793
19	456	39	591
20	373	40	547
21	456	41	591
Rata-rata			513.6585366
Jumlah data diatas rata-rata			22
Prosentase kategori <i>consequence</i>			54%

Sumber: PT ECCO TANNERY Indonesia 2014

Keterangan

 : Volume penggunaan air yang melebihi rata-rata

LAMPIRAN B

“Halaman ini sengaja dikosngkan.”

LAMPIRAN C

Perhitungan penggunaan air pelarut

A. Perhitungan penggunaan air untuk kapur

24,3gr	untuk	8,1L/det	perbandingan dengan pelarutan eksisting
2099,52	gr	dalam sehari	
2,1	kg	dalam sehari	
10%			
Kapur	100000	mg/L	
	100	g/L	3000mg/lx8,1l/det 24,300 g/dt
1 ml	100 mg		
			2100,0L 2,1m ³
			2,1m ³ air pelarut

Frekuensi pelarutan

3 kali per hari 700L per pelarutan

B. Perhitungan penggunaan air untuk alum

10% tawas	100000	mg/L	
Dibuat dengan 40%			
tawas 2 ml/L	200	kg/0.5m³	(40%)
Debit tawas diinjeksikan			
2ml/L x 8.1 l/detik	= 16.2	ml/detik	
Jumlah air untuk pelarutan dalam sehari			
16.2 ml/det x 86400 =	1399680	ml	
	1.4 m ³	Air pelarut	
Jumlah tawas dibutuhkan			
1.4m ³ / 0.5 m ³ x 200Kg	=	560 Kg	sehari
Frekuensi pelarutan			
3 kali sehari	200 Kg	0.5 m ³	air pelarut
	200 Kg	0.5 m ³	digunakan
	160 Kg	0.4 m ³	

LAMPIRAN C

C. Perhitungan penggunaan air untuk polimer

0.01% Polimer 100 g/L

Dibuat dengan 0,04%

0,15ml/L 0,1 kg/0,5m³ (0,04%)

Debit polimer diinjeksikan

0,15ml/L x 8,1 l/det = 1,22 mL/detik

Jumlah air untuk pelarutan dalam sehari

1,22 ml/det x 86400 = 104976 ml

0,1 m³ Air pelarut

Jumlah polimer dibutuhkan

0,1m³/0,5m³ x 1Kg = 0.2 Kg

210.0 g

Dalam sehari

Frekuensi pelarutan

1 kali 210,0 g dengan
0,1m³

Air pelarut

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan pada tanggal 14 Januari 1993 di Jakarta, anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis bersekolah di TK Al-jihad, dilanjutkan ke tingkat SD di SDIT Fajar Hidayah, SMPI PB Soedirman dan SMAN 28 Jakarta. Berasal dari Jakarta kemudian menetap di Surabaya untuk melanjutkan studi di kampus ITS Jurusan teknik Lingkungan. Selain belajar di kampus penulis juga bersosialisasi dengan mengikuti organisasi dan kegiatan minat bakat di dalam maupun diluar kampus. Penulis pernah terlibat sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan departemen hubungan luar periode 2012-2013 dan mengikuti beberapa kepanitiaan program kerja himpunan. AIESEC Surabaya adalah salah satu kegiatan organisasi yang pernah diikuti oleh penulis diluar kampus. Selain kegiatan berorganisasi, AIESEC juga memiliki program pertukaran mahasiswa ke luar negeri yang diikuti juga oleh penulis, yaitu *Global Youth Ambassador Program*, di Kosice, Slovakia tahun 2013. Kegiatan minat dan bakat yang pernah diikuti penulis adalah menari daerah, tari saman di jurusan dan sempat mempelajari tarian Jawa di luar kampus. Penulis mempunyai beberapa hobi yang cukup sering dilakukan, seperti membaca buku dan *traveling*. Salah satu hobinya, yaitu *traveling*, adalah hal yang juga mendorong penulis untuk mendapatkan kesempatan kerja praktek di TOTAL E&P Indonesia di Kota Balikpapan Kalimantan Timur. Penulis menyukai kesempatan untuk melihat dan belajar di daerah lain di Indonesia. Penulis mempunyai harapan dapat melanjutkan pendidikannya S-2 nya di luar negeri.